

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод переменного тока шламового насоса

УДК 62-83:622.531

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5А1	Мухиддинов Достонбек Мухиддин угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И. о. зав. кафедрой- руководителя ОЭЭ ИШЭ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .
Р 2	Уметь формулировать задачи в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3	Уметь проектировать <i>электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты</i> .
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электроэнергетической и электротехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики и электротехники</i> .

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой-
руководителя
ОЭЭ ИШЭ

_____ А.С. Ивашутенко
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5А1	Мухиддинову Достонбеку Мухиддин угли

Тема работы:

Электропривод переменного тока шламового насоса	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№58-27/с от 27.02.2020г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе: <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Электропривод механизма шламового насоса; - Нагрузка – реактивная; - Режим работы – повторно-кратковременный; -
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Изучить технологический процесс; - Выбрать преобразователь частоты и двигатель; - Рассчитать статические характеристики электродвигателей; - Разработать имитационную модель электропривода;
Перечень графического материала:	<ul style="list-style-type: none"> - схема кинематическая; - схема электрическая принципиальная; - схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.03.2020г..

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	К.Т.Н.		20.03.2020г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5А1	Мухиддинов Достонбек Мухиддин угли		20.03.2020г..

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Профиль Электропривод и автоматика

Период выполнения весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2020г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.05.2020	Основная часть	60
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
18.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов А.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

И. о. зав. кафедрой- руководителя ОЭЭ ИШЭ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко А.С.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 93 с., 22 рисунков, 23 таблиц, 25 источник.

Ключевые слова: частотно-регулируемый, электропривод, шламовый насос, скалярное управление.

Объектом исследования является электропривод шламового насоса.

Цель работы заключается в разработке и исследовании системы управления электродвигателя с преобразователем частоты, для регулирования скорости вращения шламового насоса.

В процессе работы проводились исследования частотно-регулируемого электропривода.

В результате исследования была собрана имитационная модель и сняты динамические характеристики.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007. Были использованы: среда имитационного моделирования – Matlab R2010b, система компьютерной алгебры – MathCad 14.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС.....	16
1.2 Технические требования к электроприводу насоса.....	23
2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШЛАМОВОГО НАСОСА	26
2.1 Выбор шламowego насоса и расчет мощности электродвигателя	26
3 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ..	32
3.1 Расчет параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя	32
3.2 Расчет естественных механических характеристик	35
3.3 Расчет механических и электромеханических характеристик электропривода.....	39
4 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШЛАМОВОГО НАСОСА	43
4.1 Разработка имитационных моделей электропривода со скалярным управлением.....	43
4.2 Одномассовая механическая система с реактивной нагрузкой	46
4.3 Имитационная модель задатчика интенсивности с S-образной характеристикой	47
4.4 Имитационная модель задание на силовой канал системы преобразователь частоты – асинхронного электродвигателя.....	49
4.5 Динамические характеристики электропривода шламowego насоса	51
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	54
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
5.1 Анализ конкурентных технических решений	55
5.2 SWOT-анализ.....	57
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	59
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	59

5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	60
5.3.3	Разработка графика проведения исследования.....	61
5.3.4	Бюджет научного исследования	66
5.3.5	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).....	66
5.3.6	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	67
5.3.7	Расчет амортизации специального оборудования	68
5.3.8	Основная заработная плата	68
5.3.9	Дополнительная заработная плата	70
5.3.10	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
5.3.11	Накладные расходы.....	71
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	71
5.4.1	Интегральный показатель финансовой эффективности.	72
	ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	74
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	76
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
6.1.2	Производственная безопасность.....	77
6.1.3	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении технологического процесса на производство	79
6.1.4	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего	83
6.2	Экологическая безопасность.....	85
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
	CONCLUSION	90
	Список литературы:	91

ВВЕДЕНИЕ

Шламовые помпы – агрегаты способные функционировать в сложных и абразивных режимах, перемещая смеси жидкости и взвешенных частиц. По сути, шламовый насос – это тяжелый и прочный вариант центробежного насоса, используемый для перекачивания гидросмесей с большим содержанием песка, грунта, шлама и других примесей, широко применяемый в самых разных отраслях промышленности и народного хозяйства. По своему назначению такие агрегаты близки к песковым насосам, но они перекачивают гидросмеси с большей плотностью твердых включений (до 2500 кг/м³).

Свое название агрегат получил от немецкого слова шлам – грязь, так как работает не с чистой водой или жидкостью, как обычный центробежный агрегат, а именно с загрязненными средами.

Проточная часть шламовых насосов состоит из корпуса, рабочего колеса и броневых диска.

По сравнению с водяным, шламовый насос, характеристики которого существенно отличаются, способен откачивать загрязненную жидкую среду разной плотности: глину; песчаный шлам; гравий; минеральные отложения; твердые примеси различной природы; илистые осадки; биосмеси; продукты бурения. Оборудование служит как транспортное средство перемещения твердых частиц в смеси с водой, а также позволяет собирать различный продукт, полученный при выполнении технологического процесса.

Насосы шламовые изготавливаются из металла, представляющего собой авиационное железо. Оно обладает высокой износостойкостью. При перекачке неабразивных веществ на всасывающей части применяется резиновое покрытие, повышающее срок службы агрегата.

К основным показателям шламовых насосов, кроме мощности, производительности и высоты напора, относятся количество и размеры твердых частиц в гидросмесях. Шлам в жидкости ведет себя по-разному, что

влияет на работу агрегата.

Смеси бывают трех видов:

- однородная - равномерное распределение включений;
- псевдооднородная - в нижней части концентрация примесей возрастает, но осадок не образуется;
- разнородная - моментальное образование осадка.

Некоторые агрегаты могут перекачивать гидросмеси с содержанием твердых включений до 50 %. Обычно концентрация не превышает 20 %. Чем плотнее состав и крупнее частицы, тем ниже производительность. Процесс будет проходить эффективно, если суспензия однородная и не очень плотная.

Шламовые насосы ГШН:

Шламовые насосы типа ГШН используются для перекачивания промышленных и бытовых сточных вод, абразивных гидросмесей, промывочного бурового раствора, отработанного промывочного раствора (для его очистки от породы).

Данный насосный агрегат по конструкции относится к консольным горизонтальным одноступенчатым насосам. Имеет рабочее колесо с односторонним входом, осевой подвод жидкости, привод двигателя через эластичную муфту. Рабочие детали изготавливаются из стали 40Х.

Горизонтальный шламовый насос типа ГШН (6Ш8) - центробежный горизонтальный консольный, одноступенчатый с рабочим колесом одностороннего входа, с осевым подводом жидкости, с приводом от электродвигателя через втулочно-пальцевую муфту. Насос и электродвигатель установлены на общей фундаментной плите. Рабочие органы насоса ГШН изготовлены из стали 40Х.

Быстроизнашивающимися деталями насоса являются:

- рабочее колесо;
- защитный диск (бронеплита) - только для ГШН-150;
- втулка подсальниковая.

Конструкция насоса: На чугунной станине насоса 6Ш8, ГШН устанавливается спиральный корпус и вал с подшипниками. Рабочее колесо закреплено на валу с помощью резьбового соединения. Передняя крышка насоса защищена от износа бронедиском. Подшипники и масляная ванна Насосов ГШН150, ГШН-250, 6Ш8, защищены от попадания в них перекачиваемой пульпы кольцом отбойным и манжетами.

Уплотнительные элементы делаются с повышенными износоустойчивостью и герметичностью. Они рассчитываются на наличие в рабочей среде абразивных частиц. В состав уплотнительных узлов входят стопорные кольца и пружины, защищающие агрегат внутри от коррозии, износа и засорения. Важно правильно сделать центровку уплотнительных колец и надежно защитить поверхности от повреждений

Уплотнением вала с напорной стороны служит сальниковая набивка, которая по мере износа поджимается крышкой сальника. Для разгрузки подшипников в рабочем колесе имеются разгрузочные отверстия. Для охлаждения подшипников используется подача чистой воды.

Чтобы абразив переходил во взвешенное состояние, насос может быть укомплектован смесителем. Он облегчает процесс перекачки и позволяет лучше зачистить днище отстойника или скважину от механических примесей. Смеситель переводит отложения во взвешенное состояние, перемешивая среду перед всасом. Устройство не применяется для наземных установок.

Погружной шламовый насос обеспечивается защитой от перегрева. Для этого после уплотнений устанавливаются датчики, срабатывающие при попадании воды в камеру с маслом. Если их нет, состояние масла можно определить через наливные отверстия. Протечки проверяются между подшипником и уплотнением путем откручивания специального винта в корпусе. Агрегаты защищаются от перегрева термодатчиками, расположенными в статорной обмотке. При достижении критической температуры двигатель отключается. Несколько ступеней защиты

гарантирует безотказную работу устройства в течение длительного срока эксплуатации.

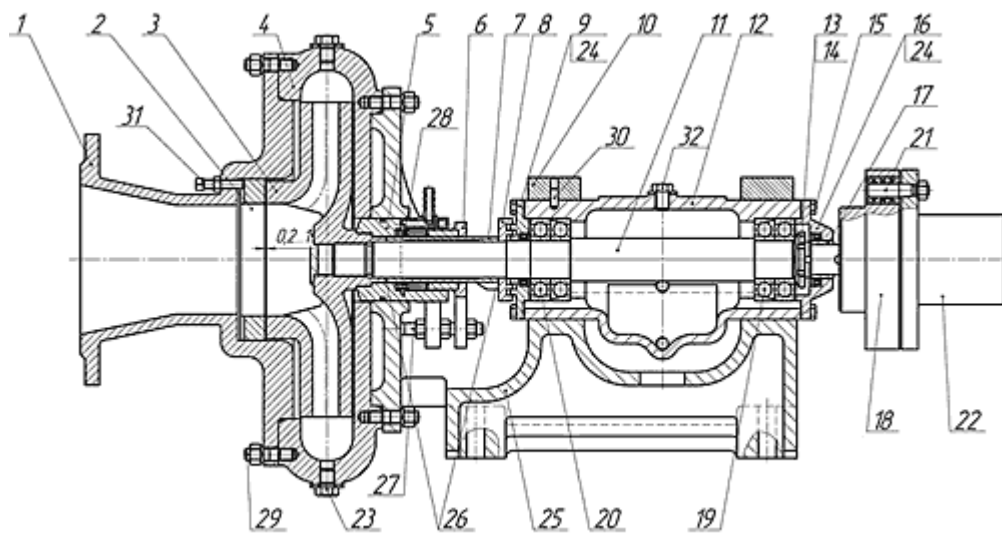


Рисунок 1- Шламовый насос типа ГШН

1. Всасывающий патрубок; 2. Кольцо уплотнительное; 3. Колесо рабочее; 4. Корпус спиральный; 5. Корпус уплотнения; 6. Корпус сальника; 7. Втулка (подсальниковая); 8. Кольцо лабиринтное; 9. Крышка подшипника передняя; 10. Скоба; 11. Вал; 12. Корпус подшипника; 13. Гайка; 14. Шайба; 15. Болты; 16. Крышка подшипниковая задняя; 17. Втулка; 18. Полумуфта шламового насоса; 19. Подшипник 346310; 20. Подшипник 310; 21. Пальцы муфты; 22. Полумуфта эл. дв.; 23. Пробка; 24. Манжета 1.2-50x70; 25. Корпус шламового насоса; 26. Кольцо регулировочное; 27. Шпилька М16x125; 28. Кольцо сальника; 29. Шпилька М16x125; 30. Штифт; 31. Винт регулировачный М12x55; 32. Пробка подшипниковая. [1]

Шламовые насосы Warman:

Насосы “ АН, АНР, НН, S, L, М, ZGB, Z, G, SP ” – центробежные, консольные одностороннего действия, с осевым входом, они делятся на горизонтальные и вертикальные типы. Конструктивные особенности вызваны наличием крупногабаритных абразивных включений в перекачиваемой жидкости-пульпе, конструкция насоса дает возможность относительно легко и быстро заменять подвергающийся износу внутренний

корпус, состоящий из футеровки и защитного диска, напорный патрубок регулируется с шагом 45^0 в плоскости перпендикулярной оси вала.

Шламовые насосы серий АН, АНР, НН, L, LR, М

Шламовые насосы серий АМ, НН, L, М имеют сменную футеровку и рабочее колесо из высокохромистого белого чугуна. Рабочие колеса и футеровка изготавливаются из высокохромистого белого чугуна, сплав с высоким содержанием хрома 27%.

Шламовые насосы серий АНР, LR имеют сменную футеровку из износостойкой резины. Рабочее колесо и футеровка изготавливаются из износостойкой резины. Насосы с резиновой футеровкой лучше использовать в агрессивных средах. Мягкая поверхность легко поглощает удары частиц.

Шламовые насосы серии НН являются консольными, горизонтальными, центробежными шламовыми насосами, разработаны для достижения высокого напора при высоких давлениях. Используются транспортирования шлама на большие расстояния.

Шламовые насосы типа М подходят для перекачки среднеабразивных шламов средней плотности для подразделений металлургических, горнодобывающих, угольных и строительных предприятий. Уплотнение вала может быть как сальниковым, так и центробежным.

Шламовый насос включает в себя:

- подшипниковый узел – это вал большого диаметра с коротким выступом, минимизирующим отклонения и способствующим длительному сроку службы подшипника. Необходимо всего четыре сквозных анкерных болта для фиксации корпуса кассетного типа в станине.

- уплотнение вала может быть набивным, центробежным и механическим. По запросу напорный патрубок может быть расположен с интервалами 45 градусов и ориентирован в любое из восьми положений, подходящее для монтажа и эксплуатации.

- футеровка легко поддается замене, крепится к корпусу болтами для хорошего прилегания и простоты техобслуживания. Твердосплавная футеровка полностью заменима на формованный под давлением эластомер. Уплотнительные кольца из эластомера проложены по всем местам соединения футеровки.

- корпус – половинки корпуса из чугуна или ковкого чугуна с внешними ребрами жесткости обеспечивают высокое рабочее давление и дополнительную безопасность.

- рабочее колесо – передний и задний бронедиск имеют лопасти, которые снижают рециркуляцию и загрязнение уплотнения. Твердосплавные и эластомерные рабочие колеса полностью заменимы. Литая резьба рабочего колеса не требует вкладышей или гаек. Имеются также высокопроизводительные модели, рассчитанные на большую высоту напора.

- цельная станина – это очень прочная цельная опорная рама для подшипникового узла и вала. Внешний механизм регулировки рабочего колеса находится под корпусом подшипника для простоты регулировки зазора рабочего колеса.

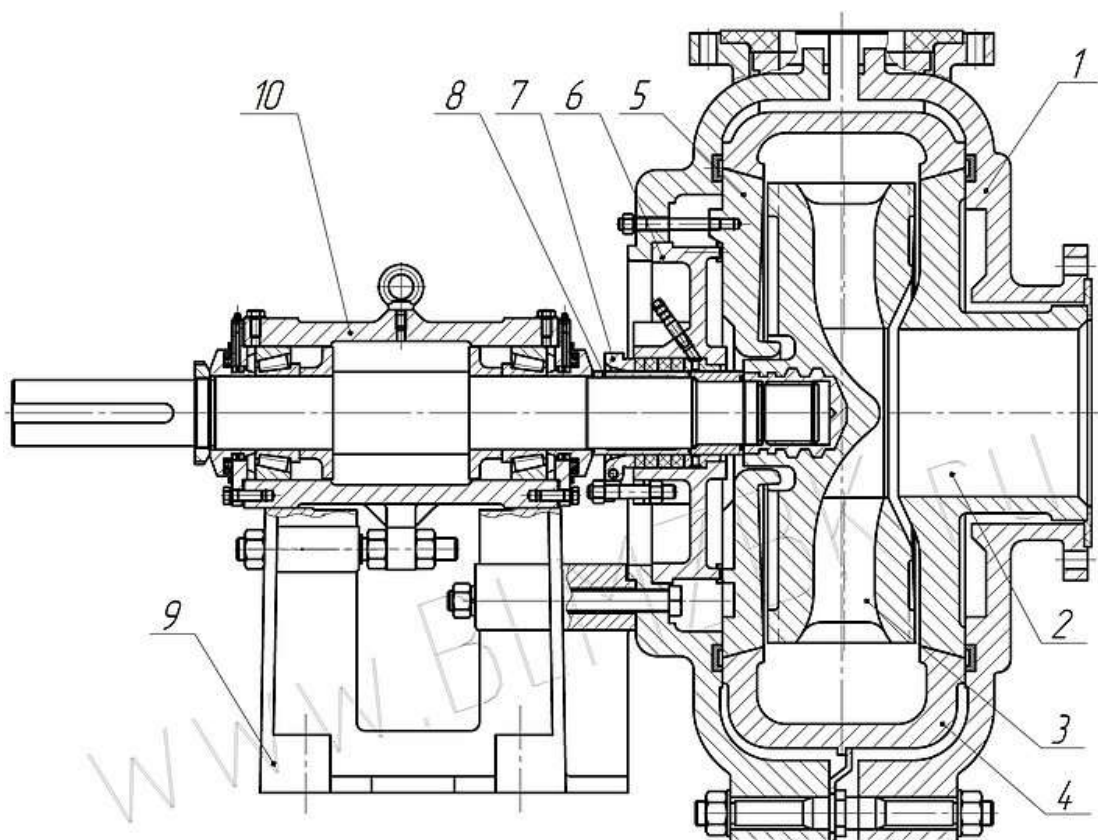


Рисунок 2-Шламовый насос Warman

1. Корпус наружный; 2. Диск всасывающий; 3. Колесо рабочее; 4. Корпус внутренний; 5. Диск задний; 6. Корпус сальника; 7. Крышка сальника; 8. Втулка защитная; 9. Корпус станина; 10. Подшипниковый узел в сборе. [2]

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Шламовые помпы – агрегаты способные функционировать в сложных и абразивных режимах, перемещая смеси жидкости и взвешенных частиц. По сути, шламовый насос – это тяжелый и прочный вариант центробежного насоса, используемый для перекачивания гидросмесей с большим содержанием песка, грунта, шлама и других примесей, широко применяемый в самых разных отраслях промышленности и народного хозяйства. По своему назначению такие агрегаты близки к песковым насосам, но они перекачивают гидросмеси с большей плотностью твердых включений (до 2500 кг/м³).

Свое название агрегат получил от немецкого слова шлам – грязь, так как работает не с чистой водой или жидкостью, как обычный центробежный агрегат, а именно с загрязненными средами.

Проточная часть шламовых насосов состоит из корпуса, рабочего колеса и броневого диска.

По сравнению с водяным, шламовый насос, характеристики которого существенно отличаются, способен откачивать загрязненную жидкую среду разной плотности: глину; песчаный шлам; гравий; минеральные отложения; твердые примеси различной природы; илистые осадки; биосмеси; продукты бурения. Оборудование служит как транспортное средство перемещения твердых частиц в смеси с водой, а также позволяет собирать различный продукт, полученный при выполнении технологического процесса.

Насосы шламовые изготавливаются из металла, представляющего собой авиационное железо. Оно обладает высокой износостойкостью. При перекачке неабразивных веществ на всасывающей части применяется резиновое покрытие, повышающее срок службы агрегата.

К основным показателям шламовых насосов, кроме мощности, производительности и высоты напора, относятся количество и размеры твердых частиц в гидросмесях. Шлам в жидкости ведет себя по-разному, что

влияет на работу агрегата.

Смеси бывают трех видов:

- однородная - равномерное распределение включений;
- псевдооднородная - в нижней части концентрация примесей возрастает, но осадок не образуется;
- разнородная - моментальное образование осадка.

Некоторые агрегаты могут перекачивать гидросмеси с содержанием твердых включений до 50 %. Обычно концентрация не превышает 20 %. Чем плотнее состав и крупнее частицы, тем ниже производительность. Процесс будет проходить эффективно, если суспензия однородная и не очень плотная.

Шламовые насосы ГШН:

Шламовые насосы типа ГШН используются для перекачивания промышленных и бытовых сточных вод, абразивных гидросмесей, промывочного бурового раствора, отработанного промывочного раствора (для его очистки от породы).

Данный насосный агрегат по конструкции относится к консольным горизонтальным одноступенчатым насосам. Имеет рабочее колесо с односторонним входом, осевой подвод жидкости, привод двигателя через эластичную муфту. Рабочие детали изготавливаются из стали 40Х.

Горизонтальный шламовый насос типа ГШН (6Ш8) - центробежный горизонтальный консольный, одноступенчатый с рабочим колесом одностороннего входа, с осевым подводом жидкости, с приводом от электродвигателя через втулочно-пальцевую муфту. Насос и электродвигатель установлены на общей фундаментной плите. Рабочие органы насоса ГШН изготовлены из стали 40Х.

Быстроизнашивающимися деталями насоса являются:

- рабочее колесо;
- защитный диск (бронеплита) - только для ГШН-150;
- втулка подсальниковая.

Конструкция насоса: На чугунной станине насоса 6Ш8, ГШН устанавливается спиральный корпус и вал с подшипниками. Рабочее колесо закреплено на валу с помощью резьбового соединения. Передняя крышка насоса защищена от износа бронедиском. Подшипники и масляная ванна Насосов ГШН150, ГШН-250, 6Ш8, защищены от попадания в них перекачиваемой пульпы кольцом отбойным и манжетами.

Уплотнительные элементы делаются с повышенными износоустойчивостью и герметичностью. Они рассчитываются на наличие в рабочей среде абразивных частиц. В состав уплотнительных узлов входят стопорные кольца и пружины, защищающие агрегат внутри от коррозии, износа и засорения. Важно правильно сделать центровку уплотнительных колец и надежно защитить поверхности от повреждений

Уплотнением вала с напорной стороны служит сальниковая набивка, которая по мере износа поджимается крышкой сальника. Для разгрузки подшипников в рабочем колесе имеются разгрузочные отверстия. Для охлаждения подшипников используется подача чистой воды.

Чтобы абразив переходил во взвешенное состояние, насос может быть укомплектован смесителем. Он облегчает процесс перекачки и позволяет лучше зачистить днище отстойника или скважину от механических примесей. Смеситель переводит отложения во взвешенное состояние, перемешивая среду перед всасом. Устройство не применяется для наземных установок.

Погружной шламовый насос обеспечивается защитой от перегрева. Для этого после уплотнений устанавливаются датчики, срабатывающие при попадании воды в камеру с маслом. Если их нет, состояние масла можно определить через наливные отверстия. Протечки проверяются между подшипником и уплотнением путем откручивания специального винта в корпусе. Агрегаты защищаются от перегрева термодатчиками, расположенными в статорной обмотке. При достижении критической температуры двигатель отключается. Несколько ступеней защиты

гарантирует безотказную работу устройства в течение длительного срока эксплуатации.

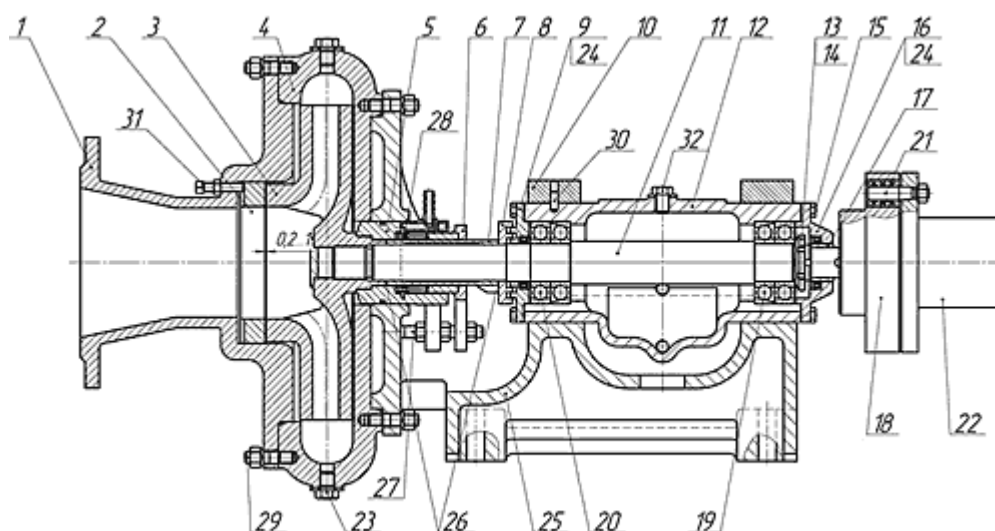


Рисунок 1- Шламовый насос типа ГШН

1. Всасывающий патрубок; 2. Кольцо уплотнительное; 3. Колесо рабочее; 4. Корпус спиральный; 5. Корпус уплотнения; 6. Корпус сальника; 7. Втулка (подсальниковая); 8. Кольцо лабиринтное; 9. Крышка подшипника передняя; 10. Скоба; 11. Вал; 12. Корпус подшипника; 13. Гайка; 14. Шайба; 15. Болты; 16. Крышка подшипниковая задняя; 17. Втулка; 18. Полумуфта шламового насоса; 19. Подшипник 346310; 20. Подшипник 310; 21. Пальцы муфты; 22. Полумуфта эл. дв.; 23. Пробка; 24. Манжета 1.2-50x70; 25. Корпус шламового насоса; 26. Кольцо регулировочное; 27. Шпилька М16х125; 28. Кольцо сальника; 29. Шпилька М16х125; 30. Штифт; 31. Винт регулировачный М12х55; 32. Пробка подшипниковая. [1]

Шламовые насосы Warman:

Насосы “ АН, АНР, НН, S, L, М, ZGB, Z, G, SP ” – центробежные, консольные одностороннего действия, с осевым входом, они делятся на горизонтальные и вертикальные типы. Конструктивные особенности вызваны наличием крупногабаритных абразивных включений в перекачиваемой жидкости-пульпе, конструкция насоса дает возможность относительно легко и быстро заменять подвергающийся износу внутренний

корпус, состоящий из футеровки и защитного диска, напорный патрубок регулируется с шагом 45^0 в плоскости перпендикулярной оси вала.

Шламовые насосы серий АН, АНР, НН, L, LR, М

Шламовые насосы серий АМ, НН, L, М имеют сменную футеровку и рабочее колесо из высокохромистого белого чугуна. Рабочие колеса и футеровка изготавливаются из высокохромистого белого чугуна, сплав с высоким содержанием хрома 27%.

Шламовые насосы серий АНР, LR имеют сменную футеровку из износостойкой резины. Рабочее колесо и футеровка изготавливаются из износостойкой резины. Насосы с резиновой футеровкой лучше использовать в агрессивных средах. Мягкая поверхность легко поглощает удары частиц.

Шламовые насосы серии НН являются консольными, горизонтальными, центробежными шламовыми насосами, разработаны для достижения высокого напора при высоких давлениях. Используются транспортирования шлама на большие расстояния.

Шламовые насосы типа М подходят для перекачки среднеабразивных шламов средней плотности для подразделений металлургических, горнодобывающих, угольных и строительных предприятий. Уплотнение вала может быть как сальниковым, так и центробежным.

Шламовый насос включает в себя:

- подшипниковый узел – это вал большого диаметра с коротким выступом, минимизирующим отклонения и способствующим длительному сроку службы подшипника. Необходимо всего четыре сквозных анкерных болта для фиксации корпуса кассетного типа в станине.

- уплотнение вала может быть набивным, центробежным и механическим. По запросу напорный патрубок может быть расположен с интервалами 45 градусов и ориентирован в любое из восьми положений, подходящее для монтажа и эксплуатации.

- футеровка легко поддается замене, крепится к корпусу болтами для хорошего прилегания и простоты техобслуживания. Твердосплавная футеровка полностью заменима на формованный под давлением эластомер. Уплотнительные кольца из эластомера проложены по всем местам соединения футеровки.

- корпус – половинки корпуса из чугуна или ковкого чугуна с внешними ребрами жесткости обеспечивают высокое рабочее давление и дополнительную безопасность.

- рабочее колесо – передний и задний бронедиск имеют лопасти, которые снижают рециркуляцию и загрязнение уплотнения. Твердосплавные и эластомерные рабочие колеса полностью заменимы. Литая резьба рабочего колеса не требует вкладышей или гаек. Имеются также высокопроизводительные модели, рассчитанные на большую высоту напора.

- цельная станина – это очень прочная цельная опорная рама для подшипникового узла и вала. Внешний механизм регулировки рабочего колеса находится под корпусом подшипника для простоты регулировки зазора рабочего колеса.

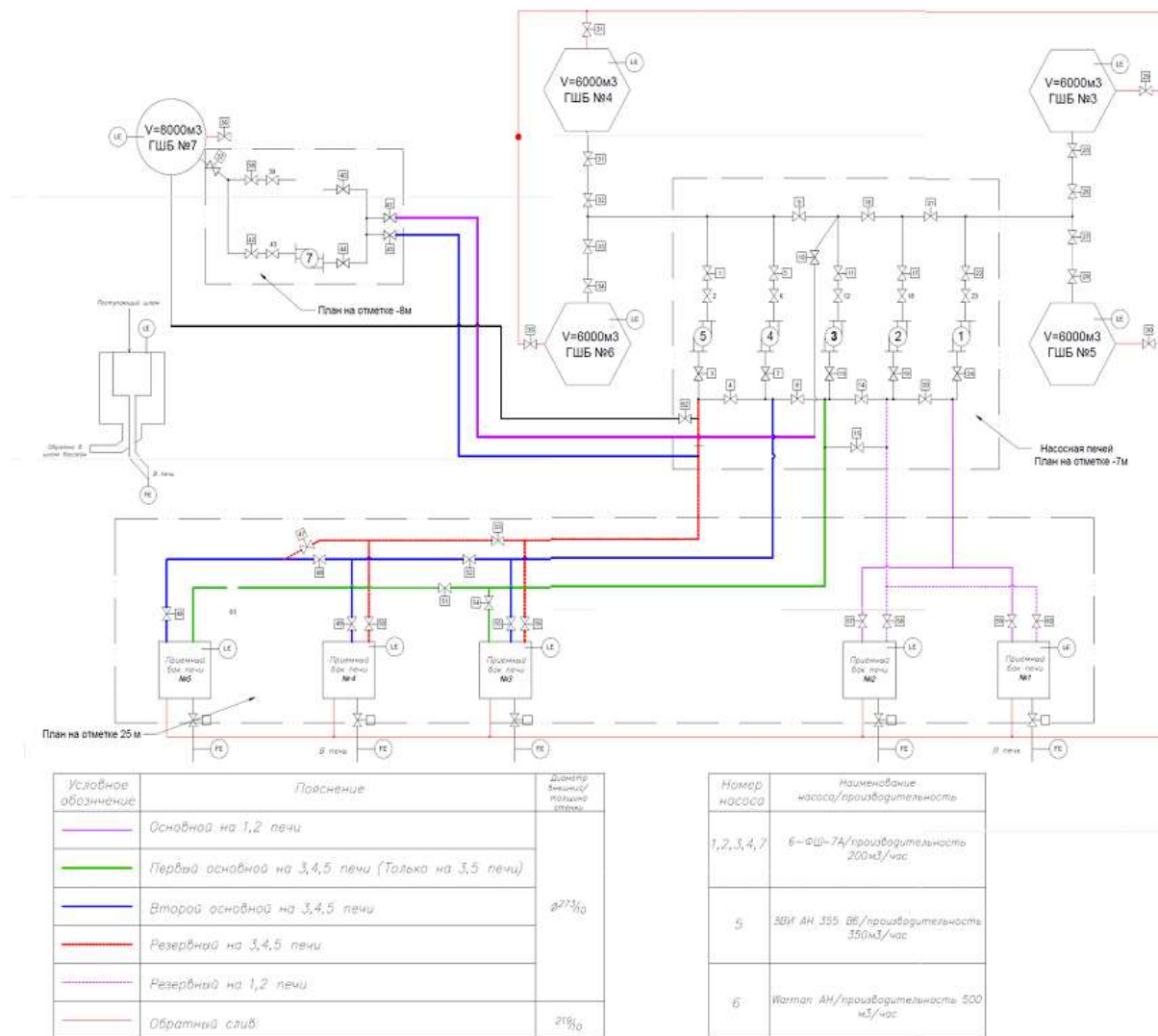


Рисунок 3- Схема подачи рабочего шлама

1.2 Технические требования к электроприводу насоса

К электроприводу насоса предъявляются следующие требования:

Высокоэффективного перекачивания, при этом устраняется необходимость в регулирующих клапанах, которые неэффективно использовались для снижения расхода воды, и нет нужды недогружать насосы, что происходит при их работе с постоянной скоростью.

Плавного пуска, помогающего избежать пиков давления и вытекающей отсюда нагрузки на выходные трубы. Это снижает риск повреждений и утечки, а также внезапных колебаний давления, которые вызывают вибрацию труб, сопровождаемую звуками, напоминающими стук молотка, называемые обычно "трамбовкой". Интенсивная трамбовка может даже вызвать разрыв труб, в то время как внезапное понижения давления может, наоборот, вызвать вдавливание. Кавитация может также вызвать коррозию трубопровода. Постепенная, а не внезапная остановка насосов к тому же предотвращает одинаково вредные для труб пики давления. Более того, она снижает износ подшипников и редукторов насоса. С помощью настройки длительности разгона и торможения можно оптимизировать процесс запуска и останова.

Преимущества использования частотных преобразователей.

Плавная регулировка скорости вращения электродвигателя позволяет в большинстве случаев отказаться от использования редукторов, дросселей и другой регулирующей аппаратуры. Это значительно упрощает механическую систему, повышает ее надежность и снижает эксплуатационные расходы.

При использовании частотного преобразователя пуск двигателя происходит плавно, без пусковых токов и ударов, что уменьшает нагрузку на двигатель и механику, увеличивает срок их жизни. Применение частотных преобразователей с обратной связью обеспечивает точное поддержание скорости вращения при переменной нагрузке, что во многих

задачах позволяет значительно улучшить качество технологического процесса.

Для питающей сети преобразователь является чисто активной нагрузкой и потребляет ровно столько энергии, сколько требуется для выполнения механической работы (с учетом КПД преобразователя и двигателя).

Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем может применяться для замены приводов постоянного тока. В этом случае значительно снижаются эксплуатационные затраты, повышается перегрузочная способность, а соответственно и надежность системы.

Применение регулируемого частотного электропривода позволяет экономить энергию путем устранения непроизводительных затрат энергии в дроссельных заслонках, механических муфтах и других регулирующих устройствах. При этом экономия прямо пропорциональна непроизводительным затратам и может достигать 80%.

Основные возможности.

Частотный преобразователь позволяет регулировать выходную частоту в пределах от 0 до 400 Гц.

Разгон и торможение двигателя осуществляется плавно (по линейному закону), время разгона и торможения можно настраивать в пределах от 0.1 сек до 30 мин. Возможен плавный реверс двигателя.

При разгоне происходит автоматическое увеличение момента для компенсации инерционной нагрузки. Момент при пуске достигает 150% от номинального.

Частотные преобразователи обеспечивают полную электронную защиту преобразователя и двигателя от перегрузок по току, перегрева, утечки на землю и обрыва линий передачи.

Преобразователь позволяет отслеживать и отображать на цифровом пульте основные параметры системы - заданную скорость, выходную

частоту, ток и напряжение двигателя, выходную мощность и момент, состояние дискретных входов, общее время работы преобразователя и т.д.

В зависимости от характера нагрузки можно выбрать подходящую вольт-частотную характеристику или создать свою собственную.

Преобразователь позволяет экономить на непроизводительных затратах энергии, кроме того он имеет функцию энергосбережения. Эта функция позволяет при выполнении той же работы экономить еще от 5 до 30% электроэнергии путем поддержания электродвигателя в режиме оптимального КПД.

В режиме энергосбережения преобразователь автоматически отслеживает потребление тока, рассчитывает нагрузку и снижает выходное напряжение. Таким образом снижаются потери в обмотках двигателя и увеличивается его КПД. Режим энергосбережения хорошо подходит для следующих задач:

- управление скоростью вращения вентиляторов и насосов;
- управление оборудованием с переменной нагрузкой;
- управление машинами, которые большую часть времени работают с малой нагрузкой.

2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШЛАМОВОГО НАСОСА

2.1 Выбор шламового насоса и расчет мощности электродвигателя

По условиям технологического процесса на три вращающиеся печи требуется подавать 400 м³/ч. готового шлама. По требуемой производительности выберем насос марки Варман.

Основные технические характеристики насоса Вр8/6Е-АН (насос Варман 8/6):

- Напор: 10 - 61 метров;
- Частота вращения: 500 - 1140 об/мин;
- Максимальный КПД: 72%;
- NPSH: 2 - 9 метров;
- Диаметр рабочего колеса - 560 мм
- Масса насоса - 1480 кг.

График рабочих характеристик насоса Вр8/6Е-АН (насос Warman 8/6, насос Варман 8/6). [2]

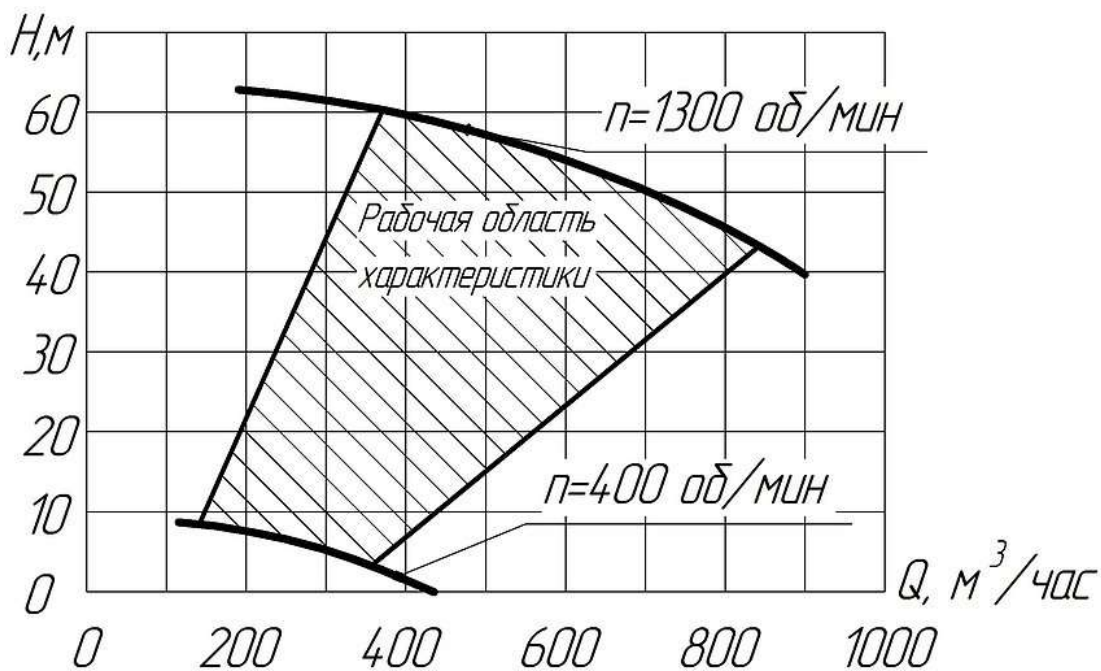


Рисунок 4- График рабочих характеристик насоса Вр8/6Е-АН

Произведем расчет мощности электродвигателя.

Мощность двигателя для привода центробежного насоса определяется по формуле

$$P = \frac{k_3 \cdot Q \cdot H \cdot \gamma}{1000 \cdot (\eta_n \cdot \eta_{\text{п}})} = \frac{1,1 \cdot 0,11 \cdot 60 \cdot 16671}{1000 \cdot (0,72 \cdot 0,9)} = 186,777 \text{ кВт};$$

где Q-подача насоса, м³/с;

H-полный напор, м (напор возьмем из графика рабочих характеристик насоса по производительности и максимальным оборотам насоса H=60 м);

γ -удельный вес перекачиваемой жидкости, Н/м³ (удельный вес шлама $\gamma=16671$ Н/м³);

k_3 -коэффициент запаса, $k_3=$ от 1,1 до 1,5 (большие значения соответствуют меньшей мощности двигателя, до 5 кВт);

η_n -КПД насоса;

$\eta_{\text{п}}$ -КПД передачи (КПД ременной передачи $\eta_{\text{п}}=0,9$).

По расчетной мощности выберем двигатель:

Таблица 1-Параметры электродвигателя

Тип	Рном , кВт	пном, об/мин	Мном, Н.м	$\eta\%$	Ином, А	Uно м, В	f, Гц	Cosφ	J, кг/ м ²	Мпуск /Мном	Ипу ск/И ном	Ммак с/Мно м
АДЧР315М4	200	1485	1285	98, 5	358	380	50	0,89	3,9 7	2,5	7,4	3,3

Асинхронные электродвигатели для частотного регулирования (электродвигатели АДЧР) один из немногих отечественных продуктов, который активно применяется в современном машиностроении для построения высокودинамичных систем, в которых необходимо обеспечить регулирование скорости электропривода во всем диапазоне (металлообрабатывающие станки, крановое и подъемное оборудование, экструдеры, намотчики, куттеры, дробильное оборудование, мельницы, размоточное оборудование, элеваторы, реакторы, прокатные станы ...). Можно сказать, что появление электродвигателей АДЧР в конце 2000-х обусловлено нежеланием отечественных производителей

окончательно упустить возможность присутствовать на высокотехнологичном рынке. К примеру, в Европе, США и Азии зарождение данного направления произошло с 20-ти летним опережением. [4]

2.2 Выбор преобразователя частоты

По мощности и току и напряжению электродвигателя выберем преобразователь частоты:

Таблица 2-Параметры ЧРП

Тип	Ном. мощность, кВт	Ном. напряж., В	Ном. ток, А	Макс. ток, А
Danfoss VLT aqua drive	200	380	395	435



Рисунок 5-Внешний вид ЧРП Danfoss VLT aqua drive

Степень защиты корпуса IP20/шасси, IP21/NEMA 1, IP55/NEMA 12, IP66/NEMA 4X

Автоматическая настройка ПИ-контроллеров. При помощи автоматической настройки встроенных ПИ-контроллеров, привод отслеживает реакцию системы на внесенные им поправки и соответственно

корректирует их. Таким образом быстро обеспечиваются точность и стабильность работы системы.

Режим заполнения трубы. Происходит управляемое (замкнутый контур управления) заполнение трубы; предотвращает гидравлические удары, повреждения труб и разбрызгивателей.

Крайняя точка рабочей кривой. Функция обнаружения повреждений и утечек в системе. При переходе насоса в крайнюю точку рабочей кривой, привод подаст аварийный сигнал, отключит насос или произведет другое предустановленное действие.

Защита от сухого хода. VLT Aqua Drive FC-202 предотвращает преждевременный выход из строя насоса, постоянно оценивая его состояние при помощи измерений частоты и мощности.

Стандартный каскадный контроллер. Встроенный каскадный контроллер позволяет управлять тремя насосами, один из которых является неизменным ведущим.

Чередование двигателей. Логическая функция, обеспечивающая поочередную работу двух насосов. Встроенный таймер обеспечивает равные коэффициенты загрузки насосов.

Компенсация потока. В зависимости от величины потока, функция уменьшает значение уставки давления, в результате чего экономится электроэнергия.

Начальный разгон. Функция начального разгона обеспечивает быстрое ускорение насоса до минимальной скорости, начиная с которой происходит обычный разгон. Такой разгон предотвращает повреждение подшипников.

Интеллектуальный логический контроллер. VLT Aqua Drive FC-202 предоставляет функции логического последовательного управления, основанного на событиях и действиях.

Безопасность. VLT Aqua Drive FC-202 может быть оснащен опцией безопасного останова (Safe Stop) категории 3, согласно стандарту EN 954-

Функция Safe Stop препятствует непреднамеренному включению привода.

Вспомогательное оборудование. Для преобразователя частоты VLT Aqua Drive FC-202 доступен широкий ассортимент дополнительных принадлежностей, соответствующих Вашим требованиям. Подробности Вы можете найти в руководстве по эксплуатации.

Plug and Play

- Любая опция – плата последовательной связи, программируемый модуль позиционирования, плата расширения вводов-выводов и т.д. – поставляется полностью готовой к установке и работе.

Опции панели управления

- Панель местного управления LCP – графическая или числовая, комплект для удаленного монтажа.

Прикладные опции

- Плата подключения внешнего источника питания +24 В (МСВ-107).

Опции последовательной связи

- Плата PROFIBUS (МСА-101).

- Плата DeviceNet (МСА-104).

- Плата Ethernet IP (МСА-121).

I/O options

- Дополнительные универсальные входы-выходы (МСВ 101).

- Дополнительные реле (МСВ 105).

- Расширенный каскадный контроллер (МСО-101).

- Продвинутый каскадный контроллер (МСО-102)

- Дополнительные аналоговые входы-выходы и питающий элемент для часов (МСВ-109).

Фильтры

- Фильтр гармоник (АНФ 005/010).

- Синусоидальный фильтр (МСС 101).

- Фильтр dU/dt (МСС 102).

Прочее

- Набор IP21/NEMA1, адаптер Profibus с разъемом Sub-D, развязывающая плата для сетевых кабелей, кабель USB для подключения к ПК. [5]

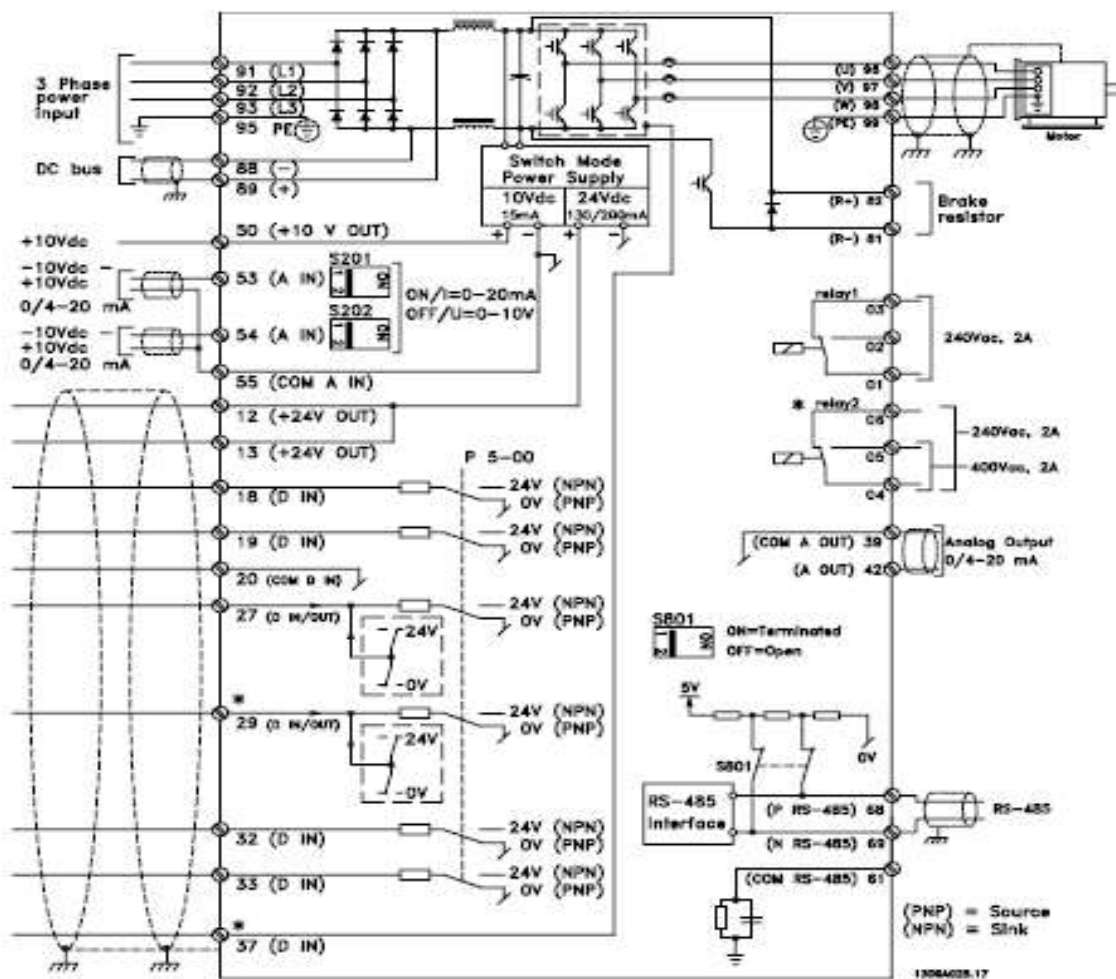


Рисунок 6- Схема ЧПП Danfoss VLT aqua drive

3 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Расчет параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя

Параметры схемы замещения определим по методике, изложенной в [6]

Ток холостого хода асинхронного двигателя

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(p^* \cdot I_{1H} \cdot \frac{1-s_H}{1-p^* \cdot s_H} \right)^2}{1 - \left(p^* \cdot \frac{1-s_H}{1-p^* \cdot s_H} \right)^2}} = \sqrt{\frac{264.907^2 - \left(0,75 \cdot 345.669 \cdot \frac{1-0,001}{1-0,75 \cdot 0,001} \right)^2}{1 - \left(0,75 \cdot \frac{1-0,001}{1-0,75 \cdot 0,001} \right)^2}} = 86.602 \text{ A}$$

где

$$I_{1H} = \frac{P_H \cdot 1000}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{200 \cdot 1000}{3 \cdot 220 \cdot 0,89 \cdot 0,985} = 345.669 \text{ A} - \text{номинальный ток}$$

статора;

$$I_{11} = \frac{p_z \cdot P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_z \cdot \eta_z} = \frac{200000 \cdot 0,75}{3 \cdot 220 \cdot 0,871 \cdot 0,985} = 264.907 \text{ A} - \text{ток фазы статора}$$

при частичной нагрузке;

p^* – коэффициент загрузки двигателя, принимаем $p^*=0,75$;

η_{p^*} – КПД при частичной нагрузке, принимаем $\eta_{p^*} = \eta_H$.

Коэффициент мощности при частичной нагрузке, принимаем согласно:

$$\cos \varphi_z = 0.985 + \Delta \cos \varphi_z = 0,871.$$

Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя

$$R_2' = \frac{3 \cdot U_{1\phi H}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot m_k \cdot P_{\text{овн}} \cdot c_1^2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_K} \right)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,01)}{2 \cdot 2,5 \cdot 200000 \cdot 1,017^2 \cdot \left(0,6 + \frac{1}{0,066} \right)} = 0,006717 \text{ Ом}.$$

$$\text{где } c_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{86,602}{2 \cdot 7,4 \cdot 345,669} = 1,017 - \text{коэффициент}$$

$$\text{характеризующий } \frac{X_\mu + X_{1\sigma}}{X_\mu};$$

Критическое скольжение

$$s_K = s_H \cdot \frac{m_K + \sqrt{m_K^2 - (1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (m_K - 1))}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (m_K - 1)} =$$

$$0,01 \cdot \frac{3,3 + \sqrt{3,3^2 - (1 - 2 \cdot 0,01 \cdot 0,6 \cdot (3,3 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,01 \cdot 0,6 \cdot (3,3 - 1)} = 0,066.$$

где β – коэффициент, значение которого находится в диапазоне 0,6–2,5, принимаем $\beta = 0,6$.

Активное сопротивление статорной обмотки можно определить по следующему выражению

$$R_1 = c_1 \cdot R_2' \cdot \beta = 1,017 \cdot 0,006717 \cdot 0,6 = 0,004098 \text{ Ом}.$$

Определим параметр γ , который позволит найти индуктивное сопротивление короткого замыкания X_K

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_K^2} \right) - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,066^2} \right) - 0,6^2} = 15,066,$$

тогда

$$X_K = \gamma \cdot c_1 \cdot R_2' = 15,066 \cdot 1,017 \cdot 0,006717 = 0,103 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление статорной обмотки может быть определено по следующему выражению

$$X_{1\sigma} = 0,42 \cdot X_K = 0,42 \cdot 0,103 = 0,043 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0,043}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,0001376 \text{ Гн}.$$

Индуктивное сопротивление роторной обмотки, приведенное к статорной, может быть рассчитано

$$X'_{2\sigma} = \frac{0,58 \cdot X_{\kappa}}{c_1} = \frac{0,58 \cdot 0,103}{1,017} = 0,059 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0,059}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,0001376 \text{ Гн}.$$

Согласно векторной диаграмме ЭДС ветви намагничивания E_1 , наведенная потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме, равна

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{(U_{1H} \cdot \cos \varphi_H - I_{1H} \cdot R_1)^2 + (U_{1H} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H} - I_{1H} \cdot X_{1\sigma})^2} = \\ &= \sqrt{(380 \cdot 0,89 - 345,669 \cdot 0,004098)^2 + (380 \cdot \sqrt{1 - 0,89^2} - 345,669 \cdot 0,043)^2} = 212,304 \text{ В}. \end{aligned}$$

Тогда индуктивное сопротивление контура намагничивания

$$X_{\mu} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{212,304}{86,602} = 2,451 \text{ Ом}.$$

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием токов статора (индуктивность контура намагничивания)

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{2\pi \cdot f_{1H}} = \frac{2,451}{2\pi \cdot 50} = 0,007803 \text{ Гн}$$

Проверка адекватности расчетных параметров двигателя

При найденных параметрах рассчитываются значения номинального электромагнитного момента двигателя:

$$\begin{aligned} M_{\text{эм.н}}^* &= \frac{3 \cdot U_{1\Phi H}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_H \cdot \left[X_{\kappa H}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_H} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_H \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]}, = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,006717}{157,08 \cdot 0,01 \cdot \left[0,103^2 + \left(2,109 + \frac{0,006717}{0,01} \right)^2 + \left(\frac{2,109 \cdot 0,006717}{0,01 \cdot 2,451} \right)^2 \right]} = 1,329 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ &\quad ; \end{aligned}$$

$$M_{\text{эм.н}}^{**} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{(L_m + L'_{2\sigma})} \cdot \Psi_{2\text{н}} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1\text{н}}^2 - I_0^2}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \frac{0,007803}{(0,007803 + 0,0001868)} \cdot 0,956 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{345,669^2 - 86,602^2} = 1,325 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где

$$\Psi_{2\text{н}} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 86,602 \cdot 0,007803 = 0,956, \text{ Вб.}$$

Должны выполняться условия:

$$M_{\text{дв.н}} < M_{\text{эм.н}}^* \leq 1,1 \cdot M_{\text{дв.н}} = 1,286 \times 10^3 < 1,329 \times 10^3 \leq 1,415 \times 10^3;$$

$$M_{\text{эм.н}}^{**} \approx M_{\text{эм.н}}^*, 1,329 \times 10^3 \approx 1,325 \times 10^3$$

По результатам расчета эти условия выполняются.

Рассчитанные параметры схемы замещения сведены в таблице 2.2.

Таблица 3 – Параметры схемы замещения электродвигателя

R_1 , Ом	$X_{1\sigma}$, Ом	$L_{1\sigma}$, Гн	R_2' , Ом	$X_{2\sigma}'$, Ом	$L_{2\sigma}'$, Гн	X_μ , Ом	X_k , Ом	L_μ , Гн
0,004098	0,043	0,0001376	0,006717	0,059	0,0001868	2,451	0,103	0,0078

3.2 Расчет естественных механических характеристик

Естественная механическая характеристика $M(s)$ асинхронного двигателя для частоты $f_{1\text{н}} = 50 \text{ Гц}$ рассчитывается по выражению:

$$M(S, f_1) = \frac{3 \cdot \left[U_{1\text{фн}}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right)^2 \right]^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \cdot S \cdot \left(\left(X_{\text{кн}} \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{S} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{S \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}}} \right)^2 \right)}$$

$$\omega(s, f) = \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}} \cdot (1 - s).$$

где M – электромагнитный момент двигателя, Н·м.

По результатам расчёта построена механическая характеристика $\omega(M)$ (рисунок 7), где значения угловой скорости вращения двигателя находятся по выражению

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s)$$

Рассчитаны значения электромагнитного номинального момента

$$\begin{aligned} M_{\text{эм}}(s_{\text{н}}) = M_{\text{эм}} &= \frac{3 \cdot U_{1\text{фн}}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot s_{\text{н}} \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s_{\text{н}}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s_{\text{н}} \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,006717}{157,08 \cdot 0,01 \cdot \left[0,103^2 + \left(2,109 + \frac{0,006717}{0,01} \right)^2 + \left(\frac{2,109 \cdot 0,006717}{0,01 \cdot 2,451} \right)^2 \right]} = \\ &= 1,329 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

критического скольжения

$$s_{\text{к}} = R'_2 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R_1}{X_{\mu}} \right)^2}{R_1^2 + (X_{\text{кн}})^2}} = 0,006717 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{0,004098}{2,451} \right)^2}{0,004098^2 + (0,103)^2}} = 0,065$$

и электромагнитного критического момента

$$\begin{aligned} M_{\text{эм.к}}(s_{\text{н}}) = M_{\text{эм.к}} &= \frac{3 \cdot U_{1\text{фн}}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot s_{\text{к}} \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s_{\text{к}}} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s_{\text{к}} \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,006717}{157,08 \cdot 0,065 \cdot \left[0,103^2 + \left(2,109 + \frac{0,006717}{0,065} \right)^2 + \left(\frac{2,109 \cdot 0,006717}{0,065 \cdot 2,451} \right)^2 \right]} = \\ &= 4,312 \times 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

соответствующие расчетной естественной механической характеристике двигателя.

По выражению для скольжения $s=1$ рассчитано значение электромагнитного пускового момента $M_{\text{эм.п.}}$.

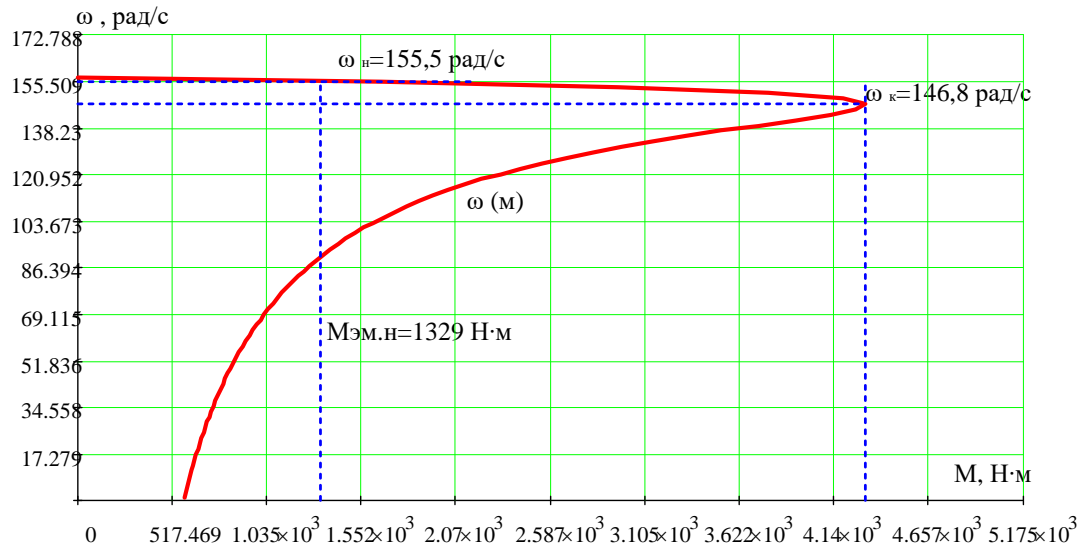


Рисунок 7- Естественная механическая характеристика электродвигателя

Момент от силы трения на валу электродвигателя

$$\Delta M_c = M_{\text{эм}} - M_{\text{дв.н}} = 1,329 \cdot 10^3 - 1,286 \cdot 10^3 = 42,65 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По полученным результатам определяем

– кратность пускового момента

$$m_{\text{п}} = \frac{M_{\text{эм.п.}}}{M_{\text{эм.н}}} = \frac{4,244 \cdot 10^3}{1,329 \cdot 10^3} = 3,19;$$

– кратность максимального (критического) момента

$$m_{\text{к}} = \frac{M_{\text{эм.к.}}}{M_{\text{эм.н}}} = \frac{4,312 \cdot 10^3}{1,329 \cdot 10^3} = 3,24;$$

– критическое скольжение

$$s_{\text{к}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{к}}}{\omega_0} = \frac{157,08 - 146,844}{157,08} = 0,065.$$

Естественные электромеханические характеристики двигателя

$I_1(s, f_1)$ и $I_2'(s, f_1)$ рассчитываются по выражениям:

$$I_1(s, f_1) = \sqrt{I_0^2(f_1) + I_2'^2(s, f_1) + 2 \cdot I_0(f_1) \cdot I_2'(s, f_1) \cdot \sin \varphi_2(s, f_1)};$$

$$I_2'(s, f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_k \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}}\right)^2}};$$

$$I_0(f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}};$$

$$\sin \varphi_2(s, f_1) = \frac{\frac{f_1}{f_{1H}} \cdot X_k}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_k \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}};$$

$$\omega(s, f) = \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot (1 - s).$$

По результатам расчета на рисунке 8 построены естественные электромеханические характеристики $\omega(I_1)$, $\omega(I_2')$ при $f_1 = f_{1H} = 50$ Гц.

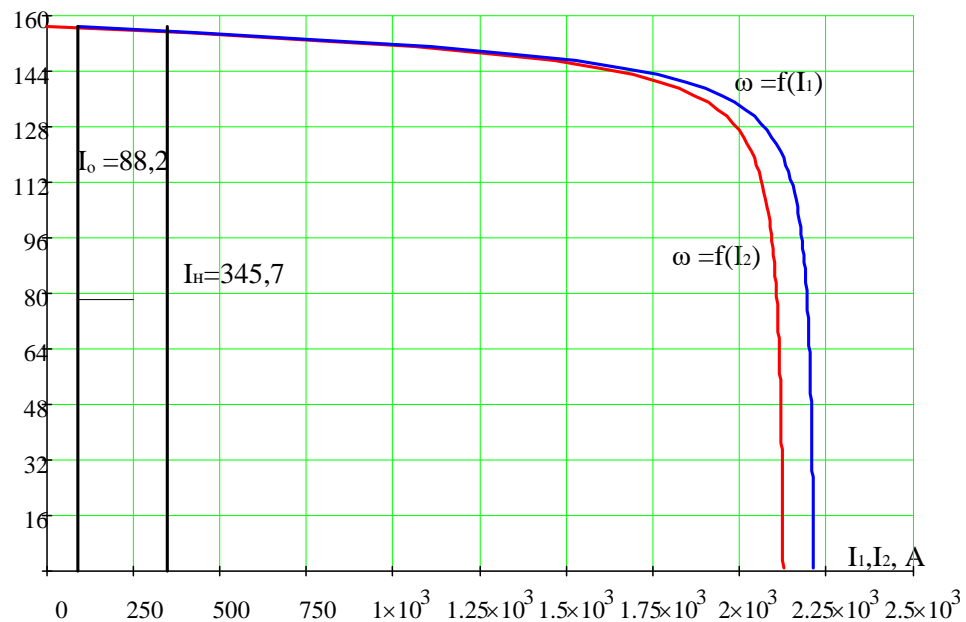


Рисунок 8 - Естественные электромеханические характеристики электродвигателя

По результатам расчета электромеханической характеристики $\omega(I_1)$ найдены значения тока холостого хода (намагничивания) $I_0 = 88,212$ А ,

номинального тока $I_n = 345,669 \text{ А}$ и пускового тока двигателя $I_{п} = 2211,9 \text{ А}$

По полученным результатам определяем кратность пускового тока

$$k_i = \frac{I_{п}}{I_n} = \frac{2557,9}{345,669} = 7,4$$

Параметры расчетных механической и электромеханической характеристик двигателя оказались близки к справочным параметрам двигателя.

3.3 Расчет механических и электромеханических характеристик электропривода

Произведем расчет и построение механической характеристики насоса по методике изложенной в [7].

Момент от сил трения на валу электродвигателя:

$$\Delta M_c = 42,65 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Принимаем максимальный момент:

$$M_{\text{макс}}(\omega_n) = 1,5 \cdot M_{\text{дв.ном}} + \Delta M_c = 1,5 \cdot 1286 + 42,65 = 1972 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент постоянных потерь:

$$\Delta M_{\text{трения}} = 0,1 \cdot 0,8 \cdot M_{\text{дв.ном}} = 0,1 \cdot 0,8 \cdot 1286 = 102,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Полный момент нагрузки:

$$M_{\text{нагр}} = 0,8 \cdot M_{\text{дв.ном}} = 0,8 \cdot 1286 = 1029 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Уравнение механической характеристики насоса имеет вид:

$$M_c(\omega_{\text{нагр}}) = \Delta M_{\text{трения}} + M_{\text{нагр}} \cdot (\omega_{\text{нагр}} / \omega_n)^3$$

С учетом момента от сил трения на валу электродвигателя:

$$M_{c1}(\omega_{\text{нагр}}) = M_c(\omega_{\text{нагр}}) + \Delta M_c$$

Построим механическую характеристику насоса:

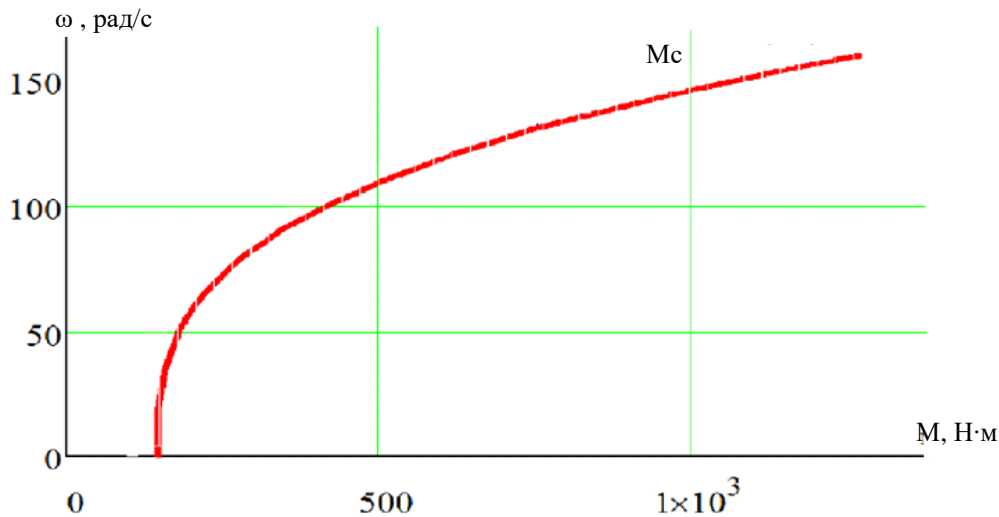


Рисунок 9- Механическая характеристика насоса.

Механическая характеристика асинхронного двигателя при переменных значениях величины и частоты напряжения питания определяется следующим выражением

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\text{мн}} \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot f_{1*}^2 \cdot 0,006717}{\omega_{0j} \cdot 1 \cdot \left[0,103^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(0,004098 + \frac{0,006717}{1} \right)^2 + \left(\frac{0,004098 \cdot 0,006717}{1 \cdot 2,451 \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]},$$

где U_{1j} – фазное напряжение обмоток статора асинхронного двигателя;

ω_{0j} – синхронная частота вращения двигателя;

$f_{1*} = f_{1j} / f_{1н}$ – относительное значение частоты питающего

напряжения.

Механические характеристики двигателя при частотном управлении приведены на рисунке 10

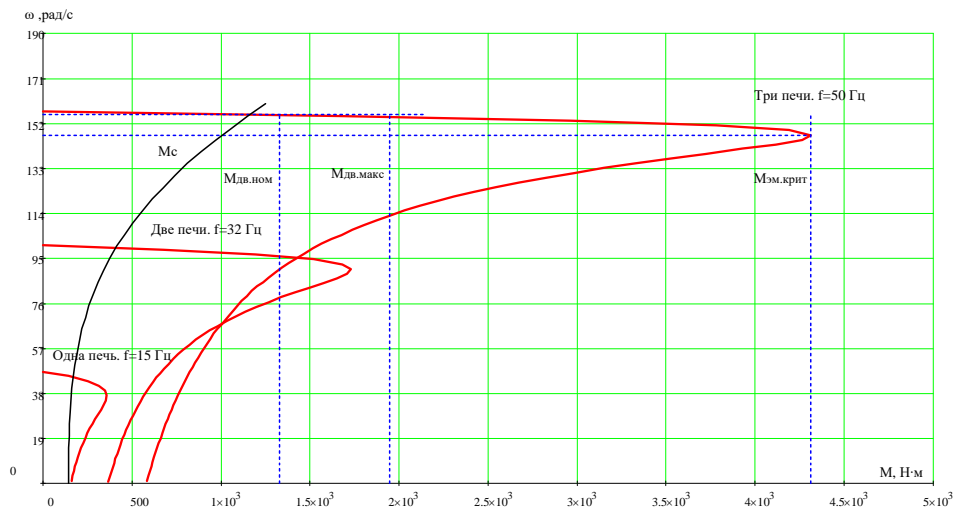


Рисунок 10 - Механические характеристики разомкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель.

Из данной характеристики видно, что при работе насоса на одну печь очень низкая кратность критического момента, что не позволит удерживать момент нагрузки и приведет к остановке привода, а также столб шлама в нагнетающей трубе начнет падать и раскрутит привод в обратную сторону. Чтобы увеличить кратность критического момента необходимо ввести компенсацию по напряжению на низких частотах.

Выражение для расчета электромеханических характеристик, определяющих зависимость приведенного тока ротора от скольжения s при законе управления $U/f^2 = \text{const}$,

$$I_2'(s) = \frac{U_{1j}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu\text{н}} \cdot f_{1*}}\right)^2}}$$

Расчетное выражение для электромеханических характеристик $I_1 = f(s)$, отражающих зависимость тока статора I_1 от скольжения

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(s) \cdot \sin \phi_2(s)},$$

где
$$\sin \phi_2 = \frac{x_{\text{кн}} \cdot f_{1*}}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + x_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2}};$$

$$I_0 = \frac{U_{1j}}{\sqrt{R_1^2 + (x_{1\text{н}} + x_{\mu\text{н}})^2 \cdot f_{1*}^2}}.$$

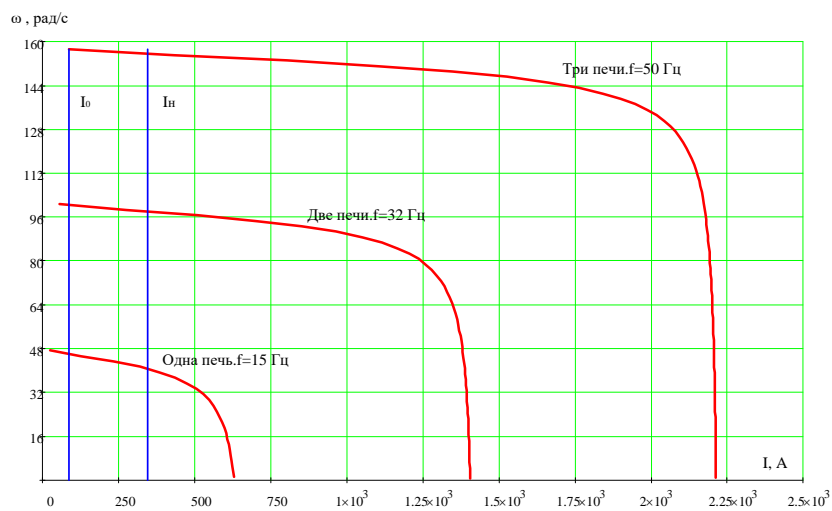


Рисунок 11 - Электромеханические характеристики $I_2'(s)$ разомкнутой системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель»

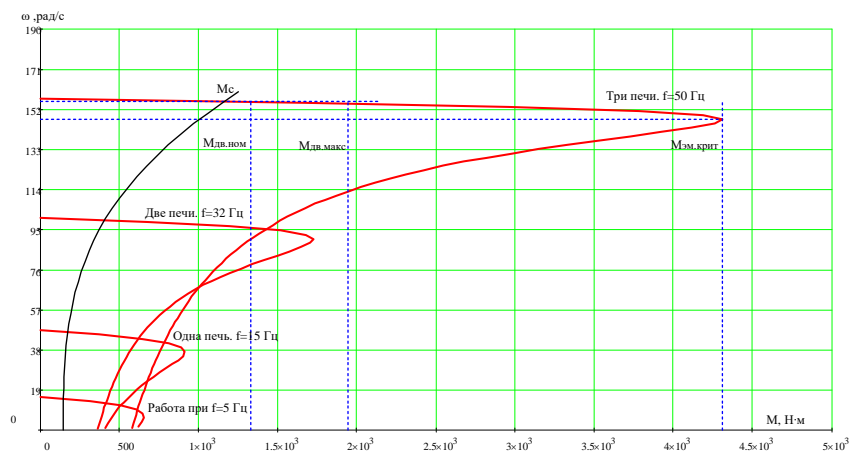


Рисунок 10 - Механические характеристики разомкнутой системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с компенсацией вольт-частотных характеристик.

Величина напряжения компенсации было подобранно опытным путем, при моделировании в среде Matlab R2010b и составила 12В.

4 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШЛАМОВОГО НАСОСА

4.1 Разработка имитационных моделей электропривода со скалярным управлением

На рисунок 13 приведена функциональная схема реализации асинхронного частотно-регулируемого электропривода со скалярным управлением без датчика скорости. Основными функциональными элементами регулируемого асинхронного электропривода с частотным скалярным управлением являются:

- преобразователь частоты;
- блок управления преобразователем, включающий в себя формирователь 3-фазной системы управляющих напряжений u_{1a} , u_{1b} и u_{1c} , формирователь 6-канального ШИМ-сигнала и блок драйверов;

- формирователь $\frac{U}{f^2}$ - характеристики;
- датчики в общем случае линейного тока двигателя;
- блок расчета фактического значения действующего фазного тока двигателя;

- элемент сравнения допустимого максимального и фактического значения действующего фазного тока двигателя и регулятор ограничения тока;

- блок компенсации скольжения;
- блок коррекции управления напряжением инвертора в функции фактического значения напряжения звена постоянного тока U_d преобразователя.

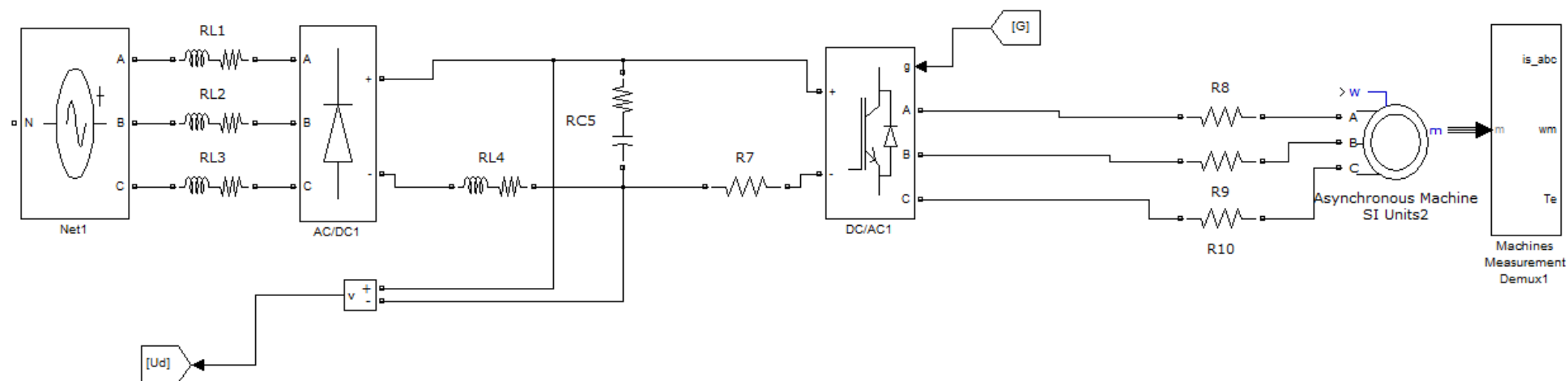


Рисунок 14 – Имитационная модель электрической части силового канала насоса системы преобразователь частоты синхронного электродвигателя

Имитационная модель электрической части силового канала изображенная на рисунке 14 состоит из: источника переменного тока, входного дроселя, выпрямителя, RC фильтра, инвертора, проводников с их сопротивлениями и библиотечной модели асинхронного двигателя.

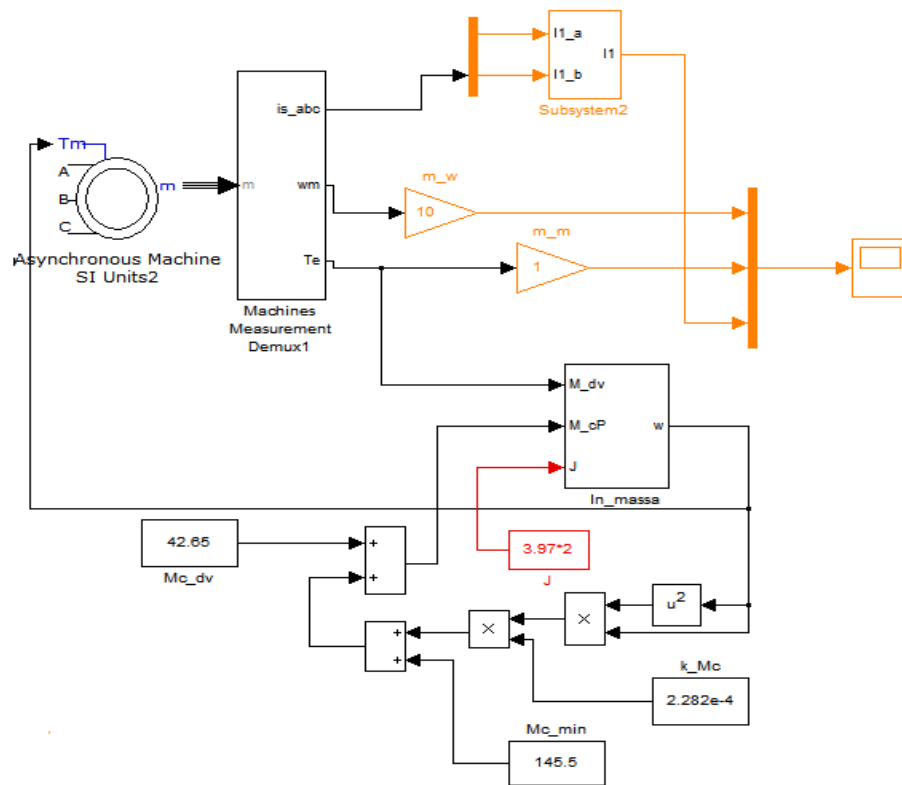


Рисунок 15 – Имитационная модель механической части силового канала системы преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель с насосной нагрузкой

4.2 Одномассовая механическая система с реактивной нагрузкой

Имитационная модель блока одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера, используемая при моделировании систем электропривода, представлена на рисунок 17

На схеме рисунка 17 приняты следующие дополнительные обозначения:

$M_{эм}$ – электромагнитный момент двигателя, Н·м;

$M_{ср}$ – приведенный к валу двигателя статический момент реактивного характера, Н·м;

J_{Σ} – приведенный к валу двигателя эквивалентный момент инерции движущихся масс, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

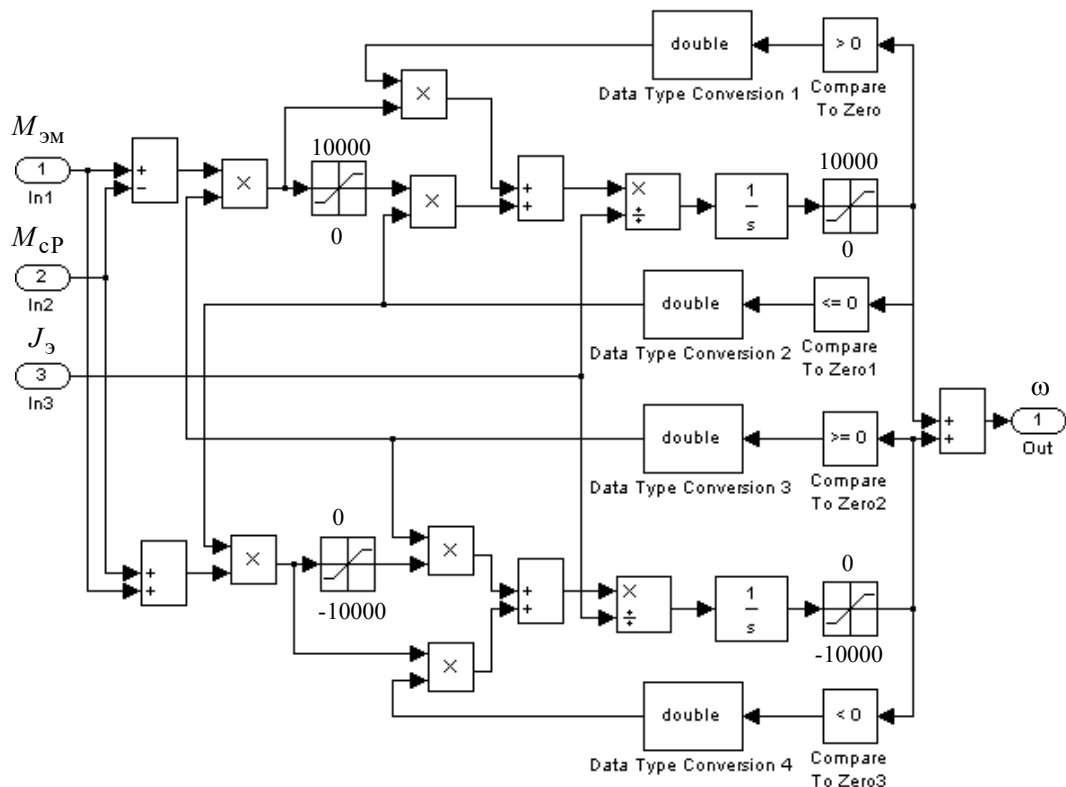


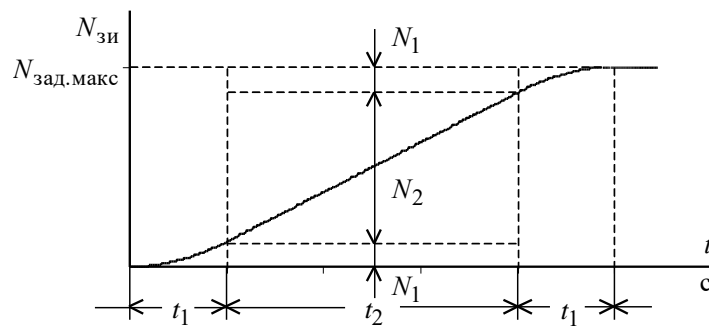
Рисунок 17 – Имитационная модель блока одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера

4.3 Имитационная модель задатчика интенсивности с S-образной характеристикой

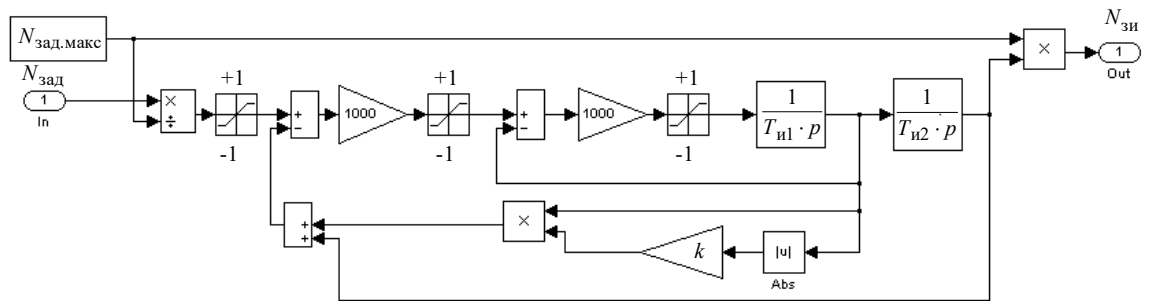
Схема набора имитационной модели задатчика интенсивности с S-образной выходной характеристикой представлена на рисунке 18. Параметры настройки имитационной модели задатчика интенсивности с S-образной характеристикой определяются по выражениям:

$$T_{u1} = t_1, c \quad T_{u2} = t_1 + t_2, c$$

$$k = 0,5 \cdot \frac{t_1}{t_1 + t_2}$$



а



б

Рисунок 18 - Задатчик скорости с S – образной характеристикой:

а – временная характеристика; б – имитационная модель

4.4 Имитационная модель задание на силовой канал системы преобразователь частоты – асинхронного электродвигателя

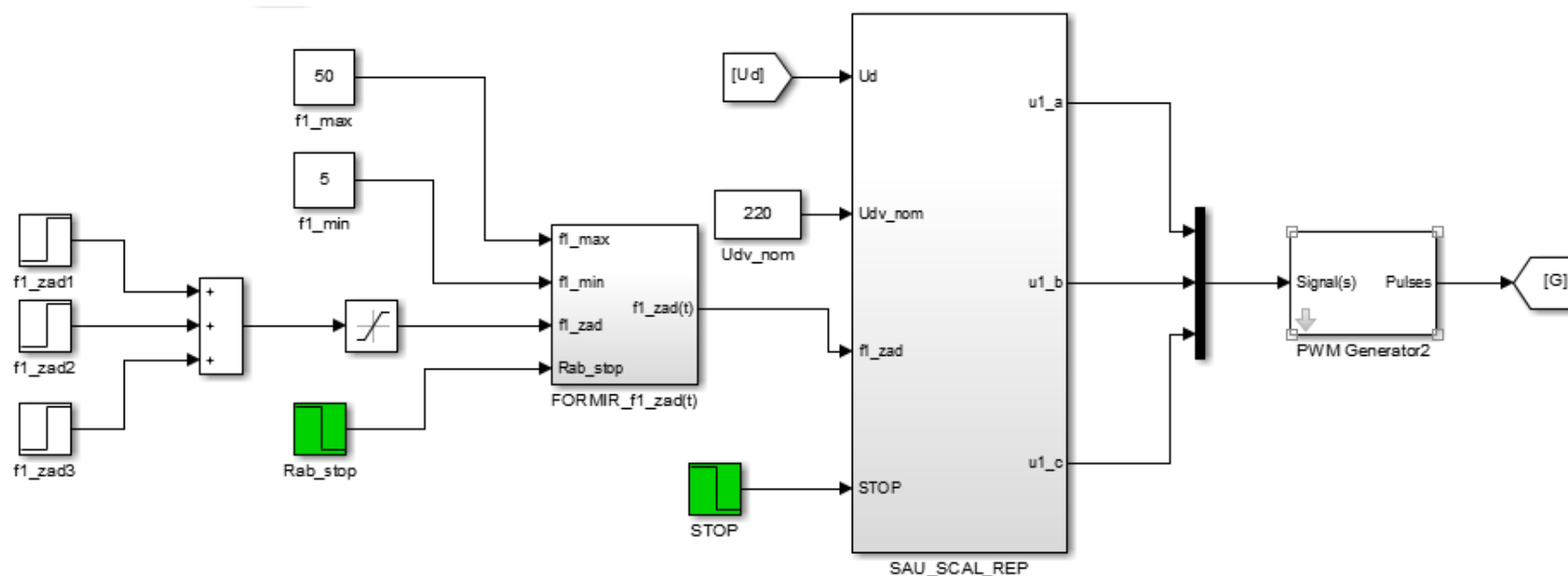


Рисунок 19 – Имитационная модель задание на силовой канал системы преобразователь частоты – асинхронного электродвигателя

В имитационной модели изображенной на рисунке 19 происходит формирование задания на изменение выходной частоты из преобразователя.

В блоке SAU_SCAL_REP реализовано скалярное управление, а также настройка вольт-частотных характеристик с помощью компенсации напряжения на низких частотах до 30 Гц.

В блоке FORMIR_f1_zad(t) заключен задатчик скорости с S – образной характеристикой.

С помощью имитационной модели получим динамические характеристики представленные на рисунке 20 и на рисунке 21.

4.5 Динамические характеристики электропривода шламового насоса

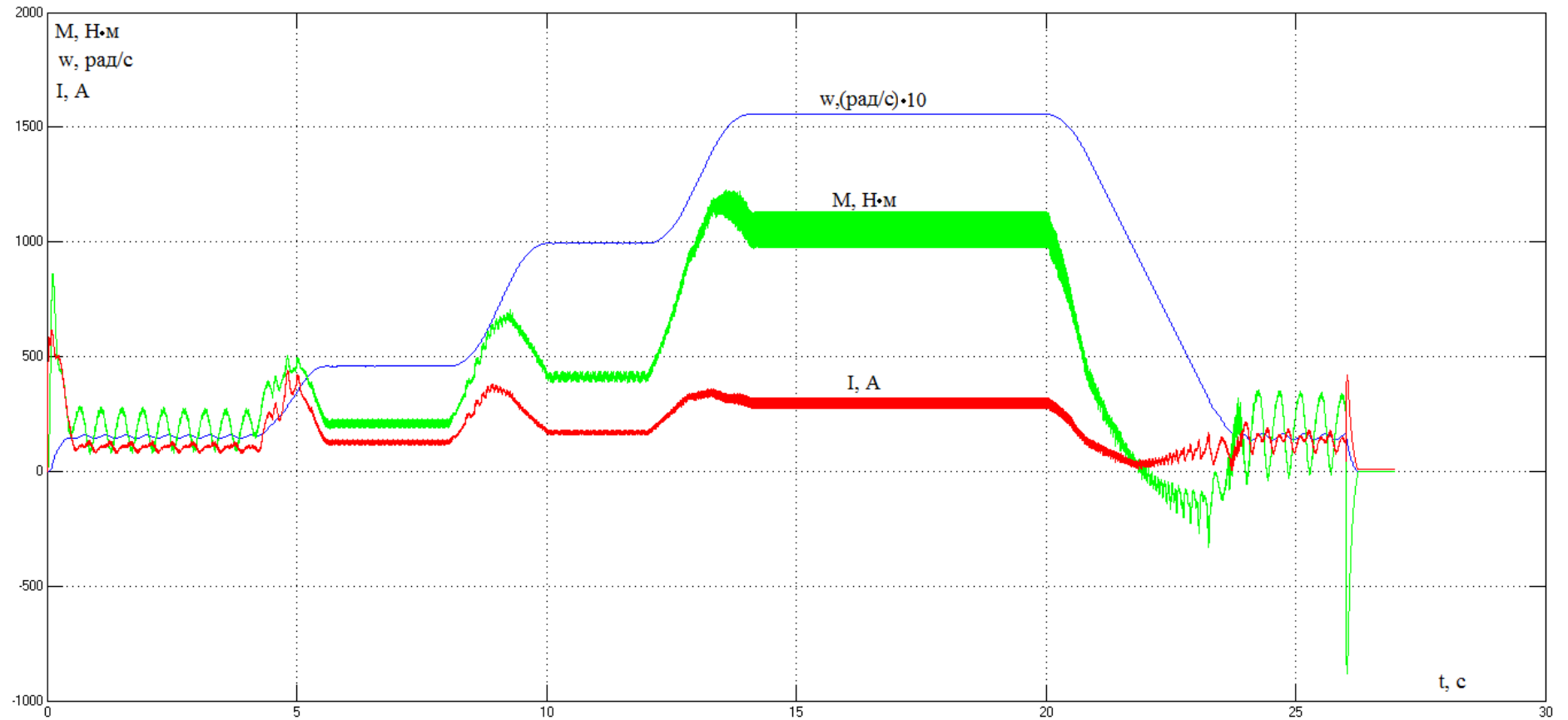


Рисунок 20 - Диаграммы отработки электроприводом насоса ступенчатого цикла: 5 Гц, 15 Гц, 32 Гц, 50 Гц; рабочий стоп двигателя до 5 Гц, полный останов

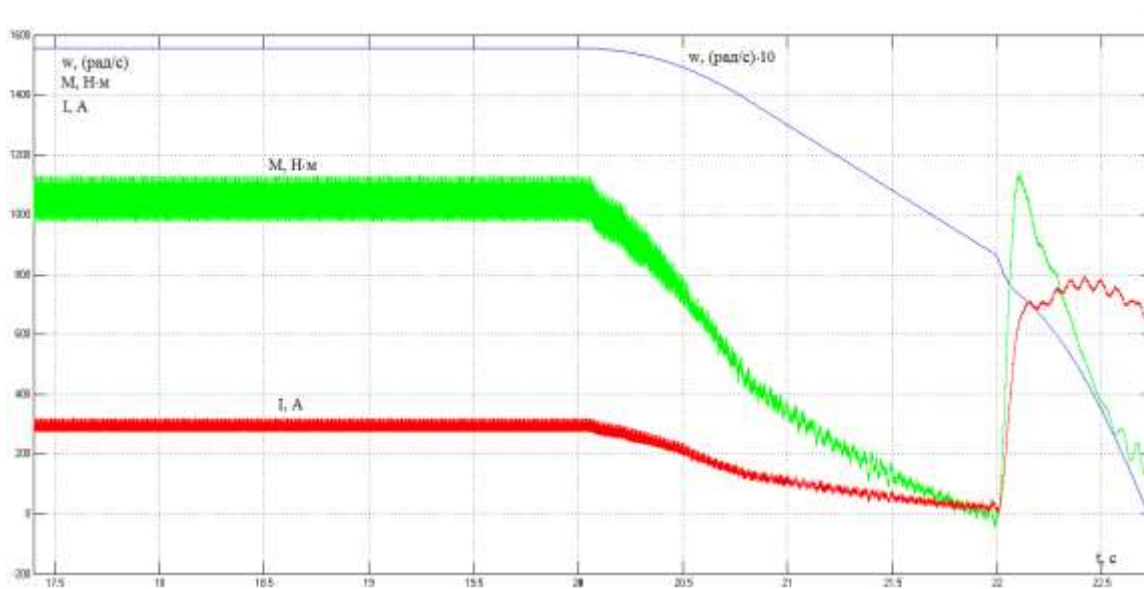


Рисунок 21 - Диаграммы отработки электроприводом насоса рабочего стопа без компенсации вольт-частотных характеристик

На рисунке 20 представлены диаграммы отработки электроприводом насоса ступенчатого цикла с компенсацией по напряжению. Компенсация позволяет работать в соответствии с заданными требованиями привода шламового насоса. В цикле работы привода прослеживается переменная нагрузка, что соответствует нагрузочной характеристики насоса. Цикл работы начинается с запуска электродвигателя на частоту 5 Гц при этом производительность насоса будет равна нулю, работа на этой скорости нужна нам чтобы держать столб шлама в нагнетающей трубе до тех пор пока не закроется задвижка иначе этот столб сольется обратно в шламовый бассейн при этом насос раскрутит в обратную сторону, что влечет за собой неисправность насоса, а именно ослабление затяжки рабочего колеса насоса с последующим заклиниванием. В 4 секунды происходит разгон до 15 Гц., что соответствует минимальной производительности насоса и подачи шлама на одну вращающуюся печь, в 8 секунд начинается разгон двигателя на частоту 32 Гц при этой частоте вращения двигателя насос производит подачу шлама на две печи и заключительный разгон электродвигателя на частоту 50 Гц. при этой скорости вращения электродвигателя насос работает

со 100% производительностью и осуществляет подачу рабочего шлама на три печи, после отработки на 50 Гц. в 20 секунд осуществляется рабочий стоп и в 26 секунд полный останов.

На рисунке 21 представлены диаграммы отработки электроприводом насоса рабочего стопа без компенсации вольт-частотных характеристик, из которых видно, что без компенсации по напряжению при низких частотах двигатель не удерживает момент нагрузки.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5А1	Мухиддинов Достонбек Мухиддин угли

Школа	ИШНПТ	Отделение школы	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ по разработке стенда
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Определение: интегрального финансового показателя; интегрального показателя ресурсоэффективности; интегрального показателя эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5А1	Мухиддинов Достонбек Мухиддин угли		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель работы – разработка электропривода шламовой установки.

5.1 Анализ конкурентных технических решений

На ООО "Топкинский цемент" (далее заказчик) для подачи рабочего шлама на вращающиеся печи № 1-5 необходимо заменить несколько шламовых насосов.

Заказчик требует приобрести и установить высокопроизводительный шламовый насос WARMAN 8/6 EE-AHE производства компании WeirMineralsLLC (Великобритания), либо предложить свой вариант.

В процессе работы рассматривались три варианта реализации данного устройства:

Вариант 1 – разрабатываемое решение:

Мощность эл двигателя 400кВт, производительность 1260 м³/ч;

Вариант 2 – используемое решение:

4 насоса 6ФШ-7А (мощность эл двигателя 132кВт; производительностью 200 м³/ч каждый) и один насос типа ГрАТ (мощность эл двигателя 250кВт; производительностью 450 м³/ч). Итоговая мощность: 778кВт; производительность 978 м³/ч.

Вариант 3 – решение которое планировалось использовать:

шламовый насос WARMAN 8/6 EE-AHE производства компании WeirMineralsLLC (Великобритания) с мощностью двигателя 250 кВт с частотным преобразователем фирмы Danfoss и производительностью до 450 м³/ч (вместо применяемых двух насосов 6 ФШ-7А с мощностью двигателя 160 кВт). Итоговая мощность: 750кВт; производительность 1350 м³/ч.

Детальный анализ конструктивного исполнения необходим, т.к. каждый тип конструктивного исполнения имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением оценочной карты, приведенной в таблице 1. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Возможность внедрения устройства в единую систему автоматики	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,5
Мощность эл. двигателя	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Производительность	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,08	4	2	3	0,32	0,16	0,24
Межремонтный срок службы	0,22	4	2	5	0,88	0,44	1,1
Компактность	0,01	4	3	3	0,04	0,03	0,03

Безопасность	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,13	5	4	3	0,65	0,52	0,39
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	5	0,28	0,28	0,35
Затраты на ремонт	0,06	4	5	5	0,24	0,3	0,3
Итого	1	45	34	45	4,56	3,1	4,32

Расчет конкурентоспособности, на примере возможности внедрения устройства в единую систему автоматики, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3,$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что вариант разрабатываемого устройства №1 является наиболее предпочтительным и является наиболее выгодным и эффективным.

5.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 5 – SWOT-анализ

	Strengths (сильные стороны) С1. Компактность С2. Низкое энергопотребление С3. Простота внедрения в производство С4. Надежность С5. Производительность	Weaknesses (слабые стороны) СЛ1. Отсутствие резервных источников питания установок смешивания растворов СЛ2. Отсутствие плана выхода на рынок СЛ3 Зависимость от зарубежных комплектующих
Opportunities (возможности) В1. Введение запрета на зарубежную продукцию (импортозамещение) В2. Модернизация существующих производств В3 Необходимость в увеличении межремонтного срока службы В4 Использование Российского оборудования	В2С2С5 - использование современных технических решений для увеличения конкурентоспособности В2В3С3С4 – увеличение срока межремонтного срока службы за счет более эффективного электродвигателя В4С3С4С5 – развитие производства в РФ	В1В4СЛ3 – найти производителя комплектующих в РФ
Threats (угрозы) У1. Незаинтересованность малых предприятий У2. Возможность поломки У3. Запрет экспорта	У1С2С3С5 – возможность задела на будущее расширение производства У3С3С4С5 - применять электропривод на внутреннем рынке	У1СЛ1 – разработать менее производительную установку. У1СЛ2 – разработать коммерческий план У2СЛ1 – рассмотреть возможность замены одного электропривода на 2, с сохранением цены, производительности

Таблица 6 – Связь сильных сторон с возможностями

	С1	С2	С3	С4	С5
В1	-	-	-	-	-
В2	-	+	+	+	+
В3	-	-	+	+	-
В4	-	-	+	+	+

Таблица 7 – Связь слабых сторон с возможностями

	СЛ1	СЛ2	СЛ3
В1	-	-	+
В2	-	-	-
В3	-	-	-
В4	-	-	+

Таблица 8 – Связь сильных сторон с угрозами

	C1	C2	C3	C4	C5
У1	-	+	+	-	+
У2	-	-	-	-	-
У3	-	-	+	+	-

Таблица 9 – Связь слабых сторон с угрозами

	СЛ1	СЛ2	СЛ3
У1	+	+	-
У2	+	-	-
У3	-	-	+

В результате SWOT анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбранного решения. Успех данного решения в большей части зависит от того насколько будут заинтересованы крупные производства в данном решении. Необходимо рассмотреть резервный вариант на случай поломки.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

- определить структуру работ в рамках исследования;
- определить участников каждой работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов исследования.

Для выполнения данного исследования (проекта) необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 10.

Таблица 10 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель
Теоретические исследования	5	Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	Инженер
	6	Разработка стенда в соответствии с выбранным исполнением и проведение испытаний	
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
			Инженер
Контроль и координирование проекта	8	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка принципиальной схемы	Инженер
	10	Технико-экономические расчеты	Инженер
	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожі}$ определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{\min i}$ – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{C_i},$$

Где C_i – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 11.

5.3.3 Разработка графика проведения исследования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где $k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{кал}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел.-дн.},$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб.дн.}$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,403$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 2,8 \cdot 1,403 = 3,928$$

округлим в большую сторону: $T_{ki.инж} = 4$ дня;

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Выбор направления исследований»:

$$T_{\text{Ки.рук}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,333 \cdot 1,22 = 2,846$$

округлим в большую сторону: $T_{\text{Ки.рук}}=3$ дня;

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительно сть работ в рабочих днях T_{pi}		Длительно сть работ в календарн ых днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	3,41 6	-
Разработка плана работ и технико- экономическое обоснование	3	4	6	6	4,2	4,8	2,1	2,4	2,56 2	4
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	15	-	12	-	12	-	16,8 36
Календарное планирование работ по проекту	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
Описание объекта модернизации	-	5	-	10	-	7	-	3,5	-	4,91
Разработка структурной схемы ЭП	0,2	2	0,5	4	0,26 6	2,8	0,13	1,4	0,15 9	1,96 4
Подбор насоса	-	0,5	-	1	-	0,7	-	0,7	-	0,98 2
Выбор системы и алгоритма управления,	-	4	-	8	-	5,6	-	5,6	-	7,85 7

подбор оборудования										
Создание скалярных систем управления	1	6	3	10	1,5	7,6	0,75	3,8	0,91 5	5,33
Разработка математической модели системы АСУ ЭП	1	7	2	12	1,16	9	0,58	4,5	0,70 8	6,31 4
Составление пояснительной записки	-	10	-	14	-	11,6	-	11,6	-	16,2 75

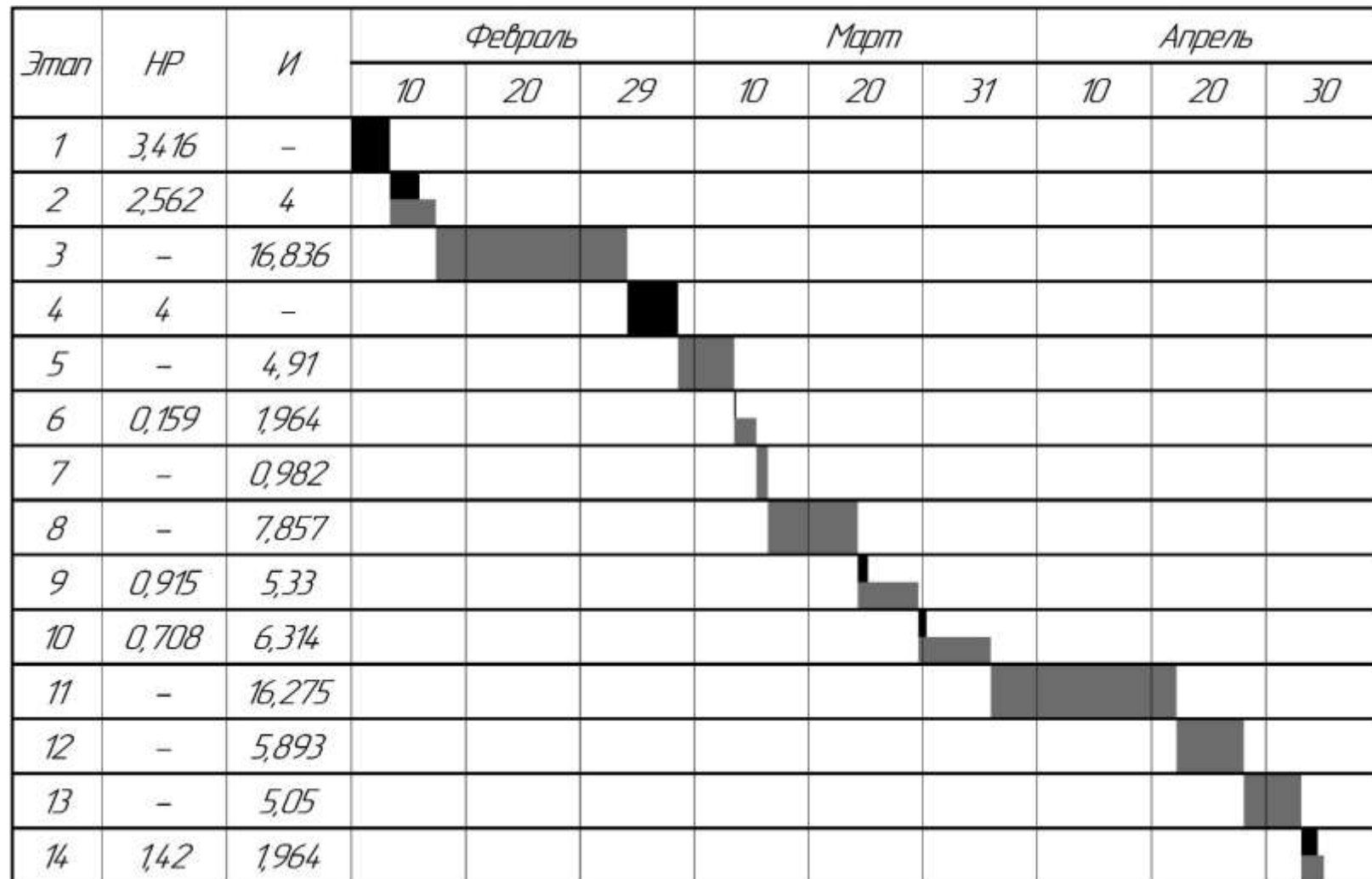


Рисунок 22 – график Ганта

■ - НР
■ - И

Таблица 12 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	84,791
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	77,375
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	13,17

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

5.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых затрат (расходов), необходимых для его выполнения:

- материальные затраты ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 13.

5.3.5 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для

выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье заносятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Количество, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Канцелярия			
тетрадь	1	20	130
ручка	1	80	
пишущий стержень	2	15	
Радиодетали	7	500	3500
Провод силовой			
ПуГВ 1х0,5	2м	7,5	15
Монтажная плата	2 шт.	70	140
Итого:	3630		

5.3.6 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 14 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования,	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
2	ПЭВМ	1	5	3,7	0,2	50000	3083,333
Итого:		3083,333.					

5.3.7 Расчет амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Персональный компьютер:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 50000}{12} \cdot 3,74 = 3083,333$$

5.3.8 Основная заработная плата

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\phi}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.},$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц;

F_{ϕ} – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 15);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\phi}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}.$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_{\phi}) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_{\phi}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3;

k_{ϕ} – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 15 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{мс}, руб$	k_{np}	k_{∂}	k_p	$З_{м}, руб$	$З_{\partialн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$З_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	10	21473
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	55	95870,5
Итого:								117343,5

5.3.9 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 21473 = 3220,95 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 95870,5 = 14380,575 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot 24693,95 = 7408,185 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot 110251,075 = 33075,323 \text{ руб.}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.3.11 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

Накладные расходы в целом:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{нр}$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

Таблица 17 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
Материальные затраты	Амортизация	Основная зарботная плата	Дополнительная зарботная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
3630	3083,3	117343,5	17601,52	40483,50	182141,86	29142,7	211284,56

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

5.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности.

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливаемая опытным путем по выбранной шкале оценивания.

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка системы TDM-M	Бальная оценка системы R1500
1. Безопасность при использовании установки	0,2	5	5	5
2. Стабильность работы	0,2	5	5	5
3. Технические характеристики	0,3	3	5	3
4. Ремонтопригодность	0,15	4	2	2
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	4
Итого:	1	4,25	4,4	3,8

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,25;$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 = 4,4 ;$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 = 3,8 .$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}} = \frac{4,25}{0,68} = 6,25 .$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (табл. 19). Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{4,4}{6,25} = 0,7 .$$

Таблица 19 – Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,68	1	0,64
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	4,4	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	6,25	4,4	5,93
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,7	0,95

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации устройства, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;
2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и

спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 85 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 77 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 13;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 211284,56 руб;
4. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:
 - Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,68, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
 - Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,25, по сравнению с 4,4 и 3,8;
 - Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 6,25, по сравнению с 4,4 и 5,93, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г5А1	Мухиддинов Достонбек Мухиддин угли

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электротехника и Электроэнергетика

Тема ВКР:

Проектирование электропривода переменного тока шламового насоса	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются шламовые насосы цементного завода. Шламовые насосы предназначены для перекачивания гравийных, шлаковых, золошлаковых и других абразивных гидросмесей
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	- ГОСТ 12.0.003-2015 - СанПиН 2.2.4.548-96 - ГОСТ 12.1.038-82 - ГОСТ 12. 1.019-2017 ССБТ - ГОСТ 12.1.012 – 2004 - СН 2.2.4/2.1.8.562-96 - ГОСТ 12.2.003-91 - ГОСТ 12.1.005-88 - ГН 2.2.5.3532-18 - СП 2.2.1.1312-03
2. Профессиональная производственная безопасность: 2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2 Анализ выявленных вредных и опасных факторов которые могут возникнуть при внедрении разработки на производство 2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	Наличие в воздухе аэрозолей; Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека; Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенный уровень вибрации; Недостаточная освещенность рабочей зоны; Отклонение показателей микроклимата;
3. Экологическая безопасность:	Отходы алюминиевого производства
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией при работе электроприводов является пожар вследствие КЗ; Возможные ЧС, землетрясение, наводнение

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г5А1	Мухиддинов Достонбек Мухиддин угли		

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данный раздел посвящен обеспечению безопасных условий труда при эксплуатации электропривода шламового насоса. Данный электропривод может использоваться на различных заводах, где есть необходимость транспортировки абразивных смесей, например на бетонном заводе может использоваться для подачи гравия, керамзита и т.д., для смешивания с цементом и образования бетонной смеси.

В дипломном проекте проектируется электропривод шламового насоса. В данном разделе рассмотрим воздействие, шума, вибрации, микроклимата, опасных и вредных факторов на персонал при эксплуатации и ремонте насосной станции где используется электропривод. Также рассмотрим следующие вопросы: техника безопасности при выполнении работ; обязанности персонала перед началом работы; обязанности персонала при выполнении работы; обязанности персонала при обслуживании и ремонте технических систем и рабочих мест; обязанности персонала в конце выполнения работы, включая уборку и обслуживание рабочих мест; обеспечение взрыво-, пожаро-, электробезопасности;

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организация рабочего места заключается в выполнении ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс, и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости рабочих.

Нормальная продолжительность рабочего времени для работников комбината не может превышать 40 часов в неделю.

Основной рабочей неделей для работников комбината является – пятидневная неделя.

Режим рабочего времени работников комбината, работающих в одну смену, устанавливается:

При 5-ти дневной рабочей неделе:

- начало работы — 8.00;
- перерыв — 11.45 — 12.45 , 15 минут.
- окончание работы — 17.00.

Безопасный трудовой процесс конструкция электроустановок должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудования от попадания внутрь посторонних тел и воды.

К работам должен допускаться рабочий персонал: прошедший медицинский осмотр, вводный инструктаж по ТБ, первичный на рабочем месте, дублирование на рабочем месте, сдать экзамены на присвоение группы по электробезопасности, владеть навыками оказания первой медицинской помощи, уметь освобождать пострадавшего находящегося под напряжением. Работы проводимые на электрооборудовании должны оформляться на бланках установленной формы с дальнейшей записью в оперативном журнале. Приступать к работам может только электротехнический персонал с 3 группой по электробезопасности до 1000 В.

6.1.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность — это система организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на рабочих опасных производственных факторов до приемлемого уровня. Для определения опасных факторов на металлообрабатывающем производстве по производству колес зубчатых воспользуемся классификацией опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003- 2015 [1]. Проанализировав опасные и вредные факторы на данном производстве (цементный завод), факторы представим в виде таблицы 20.

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аэрозольным составом воздуха	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны [2]
2. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через человека (электробезопасность)	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.[3]
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности.» [4]
4. Повышенный уровень вибрации	-	+	+	ГОСТ 12.1.012 – 2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.[5]
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. [6]
6. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [7]

6.1.3 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при внедрении технологического процесса на производство

Произведем анализ вредных и опасных факторов:

1. Загрязнение воздушной среды.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [2] содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций, используемых при разработке производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций. Производственные помещения, а так же, расположенные в них воздуховоды вентиляции должны очищаться от пыли, ведь в пыли содержатся вредные и опасные вещества, которые при попадании в организм оседают в легких. Поскольку насос предназначен для перекачки золошлаковых гидропримесей в которых содержатся опасные вещества такие как: Алюминий кальций, Абразивный порошок из медеплавильного шлака, Алюминий хром. Необходимо соблюдать нормы ПДК, поэтому согласно ГН 2.2.5.3532-18 [8] содержание вредных веществ не должно превышать следующих значений, приведенных в таблице 21.

Таблица 21 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны указаны в таблице.

Наименование вещества	Величина ПДК мг/м	Класс опасности
Алюминий кальций – 0,8 – хром – 5,6 – диводородфосфат – 1,6 – водородхромат гидрат	0,01	1

Абразивный порошок из медеплавильного шлака	-/10	1
Алюминий хром – 8,8 – 9,6 – фосфат/по хрому III/	0,02	1

2. Электробезопасность.

Электропривод и всё управляющее оборудование работает от электрической сети, в связи с чем необходимо обезопасить рабочий персонал от возможного контакта с токоведущими частями оборудования.

Поражение электрическим током возможно как при случайном прикосновении его непосредственно к токоведущим частям, так и к неметаллическим нетоковедущим элементам электрооборудования (к корпусу электрических машин, трансформаторов, светильников и т.п.), которые могут оказаться под напряжением в результате какой - либо аварийной ситуации (замыкания фазы на корпус, повреждение изоляции и т.п.).

Основными причинами электротравматизма являются:

- Возможность прикосновения к незащищённым токоведущим частям (необходимо изолировать такие части в специальных электрических шкафах);
- Несогласованные и ошибочные действия персонала. Например, подача напряжения на установку где работают люди (осуществляется ремонт). Необходимо проведение периодически повторяющихся инструктажей по электробезопасности.

Необходимо руководствоваться ГОСТ 12.1.019-2017 [3] для обеспечения электробезопасности.

3. Повышенный уровень шума на рабочем месте.

Шум классифицируется как активный раздражитель, то есть он может оказать воздействие на человека посредством заключенных в них энергетических ресурсов, при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 Дб - к снижению слуха, вплоть до глухоты. Шум при определенных условиях может влиять на все органы

и системы организма, при этом вызывает разнообразные физиологические изменения.

Шум действует на организм как стресс-фактор, вызывает изменение звукового анализатора, а также, благодаря тесной связи слуховой системы с многочисленными нервными центрами на самом различном уровне, происходят глубокие изменения в центральной нервной системе.

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах установлен СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [4] и составляет 85 дБ.

4. Повышенный уровень вибрации.

Источниками вибрации являются электрические установки по смешиванию цементных растворов, установки которые осуществляют питание этих установок основными компонентами. Основным источником вибрации являются электродвигатели.

Низкочастотная общая вибрация вызывает длительную травматизацию межпозвоночных дисков и костной ткани, смещение органов в брюшной полости, возникновение и прогрессирование дегенеративных изменений позвоночника.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч), вибрация категории 3 – технологическая вибрация типа «б» [9, табл.6]: 1,6-80 Гц.

Местная вибрация может оказывать благоприятное воздействие на организм, но может стать причиной заболеваний, таких как нейрососудистые расстройства рук, снижение всех видов кожной чувствительности, слабость в кистях рук.

5. Недостаточная освещенность рабочей зоны; Неправильное организованное освещение рабочих мест и рабочих зон, на производстве, не только утомляет зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Недостаточное освещение, слепящие источники света и резкие тени от оборудования и других предметов притупляют внимание, вызывают

ухудшение или потерю ориентации работающего, что может быть причиной травматизма. Установлено, что неудовлетворительное освещение является причиной примерно 5% несчастных случаев на производстве. При недостаточной освещенности сокращается время ясного видения — время, в течение которого глаз человека сохраняет способность различать рассматриваемый объект. Необходимо обеспечить освещенность рабочих мест бетоносмесительного цеха в соответствии с ГОСТ Р 55710-2013 [10]

В соответствии с ГОСТ Р 55710-2013 [10] средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк. Равномерность освещенности должна быть не менее 0,40 для зоны непосредственного окружения; 0,10 - для зоны периферии. При равномерности освещенности 0,10 освещенность поверхностей должна быть не менее 50 лк на стенах, 30 лк - на потолке.

6. Отклонение показателей микроклимата.

Несоответствие микроклимата в течении продолжительного времени может привести к снижению иммунитета; в зимнее время года в отапливаемых помещениях снижается влажность воздуха, что приводит к сухости слизистых оболочек рта, носа и глаз, снижению иммунитета, что способствует к возникновению респираторных заболеваний (ОРВИ, ГРИПП и т.д.). Кроме того, длительное нахождение в условиях пониженной влажности воздуха приводит к раннему старению кожных покровов.

В кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники, а также в других помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха. Для машиниста шламового насоса цементного завода категория работ по уровню затрат Па и Пб. Для этих категорий в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 [7] оптимальными показателями микроклимата являются значений приведенные в таблице 22.

Таблица 22 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Па (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	Пб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый	Па (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	Пб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2

Допустимые нормы показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С ⁰	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/сек	Температура поверхностей, С ⁰
		Допустим. Значение	Допустим. Значение	Допустим. Значение	Допустим. Значение
1	2	3	4	5	6
холод	Средней тяжести Па	15,0-22,0	15-75	0,2	14,0 – 23,0
теплы	Средней тяжести Пб	16,0-27,0	15-75	0,2	15,0 - 28,0

6.1.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

Для минимизации вредных воздействий на организм в процессе эксплуатации электропривода шламового насоса, необходимо принять следующие меры:

1. Обеспечение чистоты воздуха в производственном помещении достигается удалением и очисткой загрязненного воздуха из помещения, в котором осуществляется эксплуатация электропривода. Забор и очистка воздуха осуществляется циклонными фильтрами.

2. Для предотвращения поражения электрическим током все оборудование, применяемое при производстве цементных растворов, должно быть надежно заземлено, токоведущие провода и кабели необходимо изолировать. В электрических шкафах необходимо применять защитно - отключающие устройства. Недоступность токоведущих частей электроустановок необходимо обеспечить размещением их на необходимой высоте, оснастить ограждением от случайных соприкосновений.

К основным электроизолирующим средствам для электроустановок до 1000 В относятся:

- электроизолирующие штанги всех видов;
- электроизолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- электроизолирующие перчатки;
- ручной электроизолированный инструмент

3. Для борьбы с шумом на производственных участках цементного завода необходимо использовать коллективные и индивидуальные средства защиты. К коллективным средствам защиты относятся акустические экраны, звукоизолирующие кожухи, так же применяют звукопоглощающие облицовки для технологического оборудования. К индивидуальным средствам относятся: беруши и противושумные наушники.

4. Наиболее эффективным способом защиты от вибраций – ограничение контакта работника с источником вибрации.

Также для защиты от вибрации можно бороться с вибрацией в источнике. Вибрацию в источнике можно уменьшать балансировкой

движущихся элементов; виброгашением – установкой электродвигателей на виброизоляторы (пружины, амортизаторы и т.д.).

5, 6. Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям СП 52.13330.2016 [6]. Величина коэффициента естественного освещения (КЕО) для различных помещений лежит в пределах от 0,1 до 12%. Так как освещенность, создаваемая естественным светом, изменяется в зависимости от времени дня, года, метеорологических факторов, то для поддержания постоянного уровня освещенности необходимо применять комбинированное освещение – естественное и искусственное. Искусственное общее освещение – лампы накаливания необходимо располагать в верхней зоне помещения и непосредственной близости рабочей зоны.

7, 8. Для благоприятного микроклимата на рабочих участках цементного завода необходимо оснастить климатическим оборудованием.

6.2 Экологическая безопасность.

Корпус электропривода шламовой установки изготовлен из алюминия.

Алюминиевое производство относится к категории производств повышенной опасности для здоровья населения. Загрязнения воздуха, воды и продуктов питания увеличивают риски здоровью населения. Основными загрязнителями являются газообразные фториды, плохо растворимые фториды, бенз(а)пирен и пыль неорганическая.

Для алюминиевого производства можно выделить следующие характерные источники загрязнения окружающей среды:

1. Характерные компоненты химического загрязнения окружающей среды (воздуха, почвы, водоемов) от алюминиевого производства:

- фтористый водород;
- плохорастворимые неорганические фториды;
- оксиды алюминия;
- оксид углерода;

- смолистые вещества;
- бенз(а)пирен;
- сернистый ангидрид.

2. Характерные компоненты технологических отходов от алюминиевого производства:

- отработанные аноды (сколы, огарки анодов);
- отработанная угольная футеровка электролизеров;
- отработанная огнеупорная футеровка электролизеров;
- угольная пена;
- хвосты флотации и шлам газоочистки (включая пыль электрофильтров);
- пековый осадок;
- огнеупорная футеровка (ковши, миксера литейного производства).

3. Опасные объекты алюминиевого производства:

- мазутохранилище с мазутопроводами;
- склад пека;
- склад ГСМ;
- масляно-трансформаторное хозяйство;
- станция сжиженного газа;
- шламопроводы;
- шламонакопитель.

Особое внимание необходимо уделять оценке рисков здоровью рабочих алюминиевых производств и населения. Характерные компоненты химического загрязнения окружающей среды от алюминиевого производства способствуют возникновению экологически зависимых заболеваний, которые наиболее часто регистрируются на территориях с производством алюминия:

- новообразования (в т. ч. злокачественные);
- болезни костно-мышечной системы;

- болезни кожи и подкожной клетчатки;
- болезни крови;
- болезни органов дыхания;
- бронхиальная астма.

Также сырье, используемое при производстве алюминия, способно вызывать у рабочих заболевания дыхательных путей, крови, костей и зубов.

Мероприятия по защите атмосферы:

Производство алюминия – энергозатратный процесс, поэтому данные производства размещают вблизи ГЭС, для уменьшения вредных выбросов в процессе производства электроэнергии, так как при производстве электроэнергии на ГЭС нет необходимости в сжигании углеводородов.

Для минимизации пылегазовых выбросов в атмосферу необходимо использовать системы газоочистки «сухого» типа.

Мероприятия по защите гидросферы:

Повторное использование водных ресурсов.

Мероприятия по защите литосферы:

Повторное использование отходов металлообрабатывающих производств (использование вторичного алюминия, полученного переработкой лома и отходов).

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятная ЧС – пожар, это связано с использованием электроустановок (при неправильной эксплуатации возможно короткое замыкание, которое приведет к пожару).

Опасными факторами пожара для людей являются открытый огонь, искры, повышенная температура воздуха, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок, а также взрыв.

Для предотвращения пожара необходимы следующие меры:

- а) предотвращение образования горючей среды;
- б) предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- в) поддержание температуры и давления горючей среды ниже допустимых;
- г) уменьшение определяющего размера горючей среды.
- д) применение противопожарных преград (противопожарные стены, перегородки и перекрытия)
- е) отведения специальных мест для курения
- ж) проведения инструктажей персонала о пожарной безопасности.

Согласно СП 12.13130.2009 насосная станция относится к производствам категории Д, характеризующимся наличием негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

При коротких замыканиях, перегреве и т.п. возможно загорание электропроводки, электроустановок. Активная борьба с пожаром (тушение пожара) производится огнетушителями различного наполнения, песком и другими негорючими материалами, мешающими огню распространяться и гореть. Также иногда огонь сбивают взрывной волной.

Для само эвакуации людей из горящих зданий применяется лебёдка, закреплённая с внешней стороны окна, по которой проживающие на высоких этажах люди могут спуститься на землю. Для защиты ценных вещей и документов от огня применяются негорючие сейфы.

Доведение сигналов оповещения ГО и в случае ЧС до персонала объектов осуществляется с помощью речевой информации по каналам радиовещания, по радиотрансляционным сетям и сетям связи. Электроснабжение основных электроприемников объектов предусматривается по I категории надежности от двух независимых источников. Проектные решения по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС). На территории насосных станций не используют, не производят, не перерабатывают, не хранят радиоактивные, пожаро-, а также взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества,

создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации. В качестве наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций техногенного характера проектом рассматриваются:

- пожар на территории объектов;
- ЧС при постороннем вмешательстве в деятельность объектов.

Население, которое может оказаться в зоне действия поражающих факторов в случае аварии на объектах, отсутствует.

Для обеспечения нормальной работоспособности объекта при ЧС приняты следующие меры безопасности:

- Установлен генератор для обеспечения резервного электрического питания;
- Наличие запасов питьевой воды.

Выводы по разделу

В ходе проделанной работы было выявлено: в данном проекте присутствует особо вредный технологический участок – химико-термический. Были разработаны меры по уменьшению вредного воздействия на здоровье людей, участвующих в процессе эксплуатации электропривода шламовой установки. Так же были предложены меры по предотвращению наиболее вероятной ЧС – пожар. Предложенные методы из этого раздела необходимо учитывать при проектировании цементного завода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы был рассмотрен насос подачи рабочего шлама во вращающиеся печи. Для данного насоса был выбран двигатель марки АДЧР315М4 мощностью 200 кВт, по параметрам двигателя был выбран преобразователь частоты марки Danfoss VLT aqua drive. Для двигателя были рассчитаны параметры схемы замещения, построены механические и электромеханические характеристики. Для работы привода на низких частотах была произведена настройка вольт-

частотных характеристик с помощью подбора напряжения компенсации. Была построена имитационная модель преобразователь частоты-асинхронный двигатель со скалярным управлением, с помощью данной модели были получены динамические характеристики ступенчатого цикла работы привода шламового насоса с последующей остановкой двигателя, а также получены динамические характеристики остановки двигателя без настройки вольт-частотных характеристик из которых видно, что на низких частотах двигатель не может удерживать момент нагрузки и проваливается. Была произведена оценка рисков проекта. А при эксплуатации насосной станции учли и проанализированы все вредные и опасные факторы воздействующие на персонал в разделе 6.

CONCLUSION

In the course of the thesis work, the pump of working slurry feed into rotary kilns was considered. For this pump, the ADHR315M4 engine with a power of 200 kW was selected, the Danfoss VLT aqua drive was selected for the engine parameters. For the engine, the parameters of the substitution circuit were calculated, mechanical and electromechanical characteristics were constructed. To operate the drive at low frequencies, the volt-frequency characteristics were tuned by compensating the compensation voltage. A simulation model of a

frequency converter-asynchronous motor with scalar control was built, with the help of this model dynamic characteristics of a stepped cycle of operation of the slurry pump drive followed by a stopping of the engine were obtained, and dynamic characteristics of engine stop without adjusting the volt-frequency characteristics were obtained. at low frequencies, the engine can not hold the load moment and fails. The project risks were assessed. And while operating the pumping station, all the harmful and dangerous factors influencing the personnel in section 6 were taken into account and analyzed.

Список литературы:

1. Паспорт насоса ГШН [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.plasma.com.ua/pump/abrasive_liquids/6sh8.html
2. Паспорт насоса Warman 8/6 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.blmzbk.ru/#!/-warman-86--86/c10qw>
4. Электродвигатели серии АДЧР [Электронный ресурс] – Режим доступа:
5. Инструкция по эксплуатации ЧПП Danfoss VLT aqua drive [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.vlt->

drives.com.ua/usersimage/File/files/VLT%20AQUA%20Drive/FC202_Operation_instruction_025-90kW_MG20MA50.pdf

6. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 448 с.

7. Дементьев Ю.Н., Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Электрический привод. 2-е издание. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010.- 14 с.

8. Принцип построения и особенности работы контрольной, управляющей и рабочей цепей пятипроводной схемы управления стрелочным электроприводом с двигателем переменного тока [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:<http://edu.dvgups.ru>

9. Электродвигатели для привода стрелочных переводов [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:<http://www.etm.ru/>

11. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр.-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. - М.: ОАО "НПО "Изд-во "Экономика", 2000.

12. Правила устройства электроустановок. Издание 7, Москва 2002 г.

13. ГОСТ 12.0.003- 2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

14.2. ГОСТ 12.1.005-88 - Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

15. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).

16. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой

- застройки» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 36).
- 17.ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности.»
- 18.ГОСТ 12.1.012 – 2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
- 19.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
- 20.СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 21.СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.
- 22.ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
- 23.СН 2.2.4/2.1.8.566 - 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилы и общественных зданий. Санитарные нормы.
- 24.ГОСТ Р 55710-2013 - Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
- 25.СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1).